

## TITRE DE L'INVENTION : DISPOSITIF D'ANCRAGE À GAINÉ D'EXPANSION ÉLASTIQUE

### DONNÉES DE RÉFÉRENCE

La présente demande de brevet revendique la priorité de la demande de brevet provisoire No. 60/514,004 déposée aux États-Unis le 27 octobre 2003, conformément aux dispositions de la Convention de Paris.

### DOMAINE DE L'INVENTION

La présente invention concerne un dispositif de soutènement pour parois d'excavations, et concerne plus particulièrement un boulon d'ancrage dont la tête d'ancrage comporte une gaine d'expansion élastique.

### ÉTAT DE LA TECHNIQUE

L'abattage de roches dans une mine ou toute autre sorte d'excavation souterraine se fait généralement par sautage à l'aide d'explosifs, et est suivi d'une phase d'extraction où les roches ainsi abattues sont débarrassées du chantier. Les mineurs doivent par la suite purger les parois de l'excavation, c'est-à-dire provoquer la chute de blocs de roche qui tendent à se détacher de celles-ci, à l'aide d'une barre à écailler par exemple. Ensuite, la stabilité des parois de la galerie (ou du tunnel, ou de la chambre) ainsi formée doit être assurée en faisant appel à une ou plusieurs techniques de soutènement. Le soutènement du massif rocheux est essentiel pour la sécurité des travailleurs et le bon fonctionnement des opérations dans la mine.

Parmi les différentes techniques de soutènement, des boulons d'ancrage sont communément utilisés pour stabiliser le massif rocheux. Les boulons d'ancrage dits « mécaniques » (*rockbolt* en anglais) sont les plus couramment utilisés à cause de leur faible coût

et rapidité et facilité d'installation. Un boulon d'ancrage mécanique comporte une longue tige filetée appelée goujon, à l'extrémité distale de laquelle est montée une coquille expansive de forme généralement cylindroïde. La coquille expansive inclut un nombre de feuilles métalliques allongées (typiquement 2 ou 4) entourant le goujon, toutes reliées entre elles à une de leurs extrémités, et dont la surface externe est dentelée et donc rugueuse. Comme pour tout boulon d'ancrage, ce type de boulon d'ancrage est également pourvu d'une plaque d'appui installée à l'extrémité proximale du goujon. En faisant tourner le goujon dans une direction donnée par rapport à la coquille expansive, les feuilles de la coquille expansive s'ouvrent telles les pétales d'une fleur en déploiement, et la coquille expansive s'élargit radialement.

Avant de procéder à l'installation d'un tel boulon d'ancrage, un long trou est foré perpendiculairement à la surface de la paroi du massif rocheux à stabiliser. Le diamètre de ce trou doit être légèrement plus grand que celui de la coquille expansive cylindroïde, pour permettre l'insertion aisée du boulon jusqu'au fond du trou. Ensuite, un travailleur doit faire tourner le goujon en utilisant un outil pneumatique à mandrin rotatif par exemple. La coquille expansive ne pouvant pas tourner librement dans le trou étant donné qu'elle s'appuie avec friction contre la surface interne du trou, la rotation du goujon engendre une rotation relative du goujon par rapport à la coquille expansive, ce qui permet à cette dernière de s'ouvrir et à ses feuilles dentelées de se cramponner fermement à la paroi du trou. Une fois la coquille expansive ainsi ancrée dans le trou, un écrou situé à l'extrémité proximale du goujon doit être vissé contre la plaque de manière à presser celle-ci contre la paroi de l'excavation, et pour mettre en charge le boulon. Lorsque le boulon d'ancrage est mis en charge, c'est l'action combinée de la pression exercée par la plaque contre la paroi de l'excavation, et de la pression exercée par la coquille expansive à l'intérieur du trou, qui permet de stabiliser la paroi rocheuse.

De tels boulons d'ancrage mécaniques comportent des avantages. Notamment, ces boulons d'ancrage mécaniques sont faciles et rapides à installer, sont peu dispendieux, et

procurent à la paroi de l'excavation un soutènement actif, c'est-à-dire qu'ils deviennent efficaces et sont mis en charge immédiatement après leur installation. Par contre, ils comportent aussi d'importants inconvénients, qui ne permettent pas leur utilisation dans toutes les situations. Notamment, ils performement médiocrement lorsque utilisés en roche tendre ou fracturée, et sont sensibles aux vibrations, c'est-à-dire qu'ils peuvent perdre leur charge suite à un coup de terrain ou à un sautage adjacent. De plus, ces boulons sont très peu résistants au cisaillement. En effet, si des forces de cisaillement trop importantes apparaissent à l'interface entre la surface interne du trou et les feuilles dentelées de la coquille, la surface interne du trou peut s'effriter, et les dents de ces feuilles peuvent ainsi « démordre » de la surface interne du trou. De plus, dès qu'ils perdent leur charge, l'efficacité de ces boulons passe de 100% à 0% instantanément étant donné que la coquille expansive n'a plus prise sur la surface interne du trou. Ceci peut être dangereux, car à moins de tester chaque boulon individuellement pour voir s'il est toujours en charge, un boulon posé ayant perdu sa charge peut laisser l'impression aux travailleurs qu'il est toujours fonctionnel alors qu'il ne l'est plus du tout.

D'autres types de boulon d'ancrage existent aussi et sont fréquemment utilisés pour soutenir les parois d'excavation souterraines, par exemple les boulons cimentés. Un boulon cimenté est essentiellement constitué d'une barre crénelée entourée de ciment et portant une plaque d'appui à son extrémité proximale. La pose d'un boulon cimenté débute normalement par le forage d'un long trou, comme pour un boulon mécanique, suivi de l'injection de ciment à consistance épaisse à l'intérieur du trou. Une fois que le ciment y est injecté, on insère la longue barre crénelée dans le trou jusqu'à ce que la plaque d'appui vienne s'appuyer contre la paroi de l'excavation. Le boulon est ensuite mis en charge passivement par la convergence du massif rocheux. Lors de cette convergence (où les parois de l'excavation tendent à se refermer sur elles-mêmes à cause des grandes pressions naturellement présentes dans le massif rocheux et amplifiées dans les excavations souterraines), la plaque d'appui du boulon transmettra la charge

à la barre. La friction entre les contacts roche/ciment et ciment/tige contribue à stabiliser la paroi de l'excavation dans laquelle le boulon cimenté est installé.

Ce type de boulon est très résistant en tension, et peut être utilisé dans toutes sortes de roches, même en roche tendre et très fracturée, contrairement aux boulons mécaniques. De plus, ce type de boulon est beaucoup plus résistant au cisaillement que les boulons mécaniques, et ne perd pas entièrement sa charge si les forces de cisaillement deviennent trop importantes, contrairement aux boulons mécaniques. Par contre, l'installation de boulons cimentés est longue et coûteuse, nécessite l'emploi d'une pompe à ciment, et est salissante ce qui rend son utilisation désagréable pour les travailleurs. De plus, l'installation de tels boulons en position verticale, sur le plafond de l'excavation par exemple, est très laborieuse, car elle nécessite l'injection de ciment dans un trou vertical.

D'autres dispositifs d'ancrage peuvent être employés pour le soutènement de parois d'excavations tels que des boulons résinés, ou des boulon à friction de type « Split Set » consistant en un tube d'acier fendu et martelé jusque dans le fond du trou foré dans la paroi de l'excavation, mais possèdent tous de nombreux inconvénients.

### SOMMAIRE DE L'INVENTION

La présente invention concerne un dispositif d'ancrage destiné à stabiliser une paroi d'excavation, et destiné à être au moins partiellement inséré dans un trou foré dans la paroi d'excavation, ledit dispositif d'ancrage comprenant :

- un organe de soutien allongé définissant une extrémité distale destinée à être insérée dans le trou foré, et une extrémité proximale opposée à ladite extrémité distale;
- un organe d'appui monté sur ledit organe de soutien au voisinage de ladite extrémité proximale, destiné à s'appuyer contre une surface extérieure de la paroi rocheuse ; et

- une tête d’ancrage montée sur ledit organe de soutien et destinée à être insérée dans le trou foré dans la paroi de l’excavation, ladite tête d’ancrage comportant :
  - un organe expansif flexible monté sur ledit organe de soutien, fait d’un matériau élastique et apte à s’étirer et s’élargir radialement ; et
  - un organe d’activation monté mobile sur ledit organe de soutien, ledit organe d’activation susceptible d’être mis en mouvement relativement audit organe de soutien et audit organe expansif et pouvant entrer en contact avec celui-ci, ledit organe d’activation étant susceptible d’exercer une pression sur ledit organe d’expansion ;

caractérisé en ce que pour ancrer ladite tête d’ancrage dans la paroi de l’excavation au niveau du trou qui y est foré, ledit organe d’activation et ledit organe expansif doivent être déplacés l’un par rapport à l’autre de manière à entrer en contact mutuel, et de manière à permettre audit organe d’activation d’exercer une pression sur ledit organe expansif pour engendrer l’expansion radiale d’au moins une portion de ce dernier, pour que cette dite portion dudit organe expansif vienne s’appuyer avec friction contre une partie de la surface interne délimitant le trou foré dans la paroi de l’excavation.

Dans l’une des réalisations de l’invention, le dispositif d’ancrage est caractérisé en ce que ledit organe expansif est une gaine d’expansion élastique de forme cylindroïde définissant une première extrémité et une deuxième extrémité, et une cavité intérieure pénétrée par ledit organe de soutien.

Dans l’une des réalisations de l’invention, le dispositif d’ancrage est caractérisé en ce que ledit organe de soutien est une tige allongée rigide, définissant un axe longitudinal s’étendant entre sesdites extrémités distale et proximale.

Dans l’une des réalisations de l’invention, le dispositif d’ancrage est caractérisé en ce que ladite tige allongée rigide est au moins partiellement filetée, et en ce que ledit organe

d'activation définit une cavité intérieure longitudinale dont la paroi périphérique est aussi au moins partiellement filetée et engage par vissage ladite tige, et en ce que ladite tige peut être pivotée autour de son dit axe longitudinal pour provoquer le déplacement dudit organe d'activation par vissage axialement le long de ladite tige, pour permettre un déplacement relatif dudit organe d'activation par rapport à ladite gaine d'expansion.

Dans l'une des réalisations de l'invention, le dispositif d'ancrage est caractérisé en ce que ladite cavité de ladite gaine d'expansion définit une première lumière au voisinage de ladite première extrémité de ladite gaine d'expansion, et caractérisé en ce que ledit organe d'activation comporte un organe d'insertion susceptible de se mouvoir axialement le long de ladite tige lorsque celle-ci est pivotée autour de son axe longitudinal, ledit organe d'insertion étant susceptible de s'insérer au moins partiellement dans ladite cavité intérieure de ladite gaine d'expansion par ladite première lumière, pour appliquer une pression radiale vers l'extérieur sur une surface périphérique de ladite cavité intérieure de ladite gaine d'expansion au moins au voisinage de ladite première extrémité, pour engendrer l'étirement et l'expansion radiale de ladite gaine d'expansion au moins au voisinage de ladite première extrémité.

Dans l'une des réalisations de l'invention, le dispositif d'ancrage est caractérisé en ce que ledit organe d'insertion est un coin d'insertion comportant une portion tronconique, ledit coin d'insertion pouvant au moins partiellement pénétrer dans ladite cavité interne de ladite gaine d'expansion par ladite première lumière pour engendrer l'expansion et l'étirement radial de ladite gaine d'expansion au moins au voisinage de ladite première extrémité.

Dans l'une des réalisations de l'invention, le dispositif d'ancrage comprend au surplus un organe de retenue monté stationnaire sur ladite tige, ladite deuxième extrémité de ladite gaine d'expansion pouvant s'appuyer sur ledit organe de retenue stationnaire lorsque ledit coin d'insertion vient s'insérer dans ladite première lumière de la cavité intérieure pour étirer radialement vers l'extérieur ladite gaine d'expansion.

Dans l'une des réalisations de l'invention, le dispositif d'ancrage est caractérisé en ce que ladite cavité de ladite gaine d'expansion définit une deuxième lumière opposée à ladite première lumière et située au voisinage de ladite deuxième extrémité de ladite gaine d'expansion, et est caractérisé de plus en ce que ledit organe de retenue comprend un deuxième coin d'insertion définissant une deuxième portion tronconique, ledit deuxième coin d'insertion pouvant s'insérer dans ladite deuxième lumière de ladite cavité de ladite gaine d'expansion lorsque ledit coin d'insertion se meut vers ladite gaine d'expansion et pousse celle-ci vers ledit deuxième coin d'insertion.

Dans l'une des réalisations de l'invention, le dispositif d'ancrage comprend au surplus un organe de retenue monté stationnaire sur ladite tige, et caractérisé ce que ledit organe d'activation est un organe de poussée susceptible de se mouvoir le long de ladite tige et de pousser ladite gaine d'expansion contre ledit organe de retenue de manière à comprimer axialement ladite gaine d'expansion et engendrer son expansion radiale.

Dans l'une des réalisations de l'invention, le dispositif d'ancrage comprend au surplus un manchon creux pénétré par ladite tige et maintenu axialement stationnaire sur celui-ci, et définissant une portion principale cylindrique et une butée arrière annulaire faisant saillie radialement vers l'extérieur d'une des extrémités de ladite portion principale cylindrique, ladite butée arrière formant ledit organe de retenue, ladite portion principale cylindrique dudit manchon pénétrant ladite cavité intérieure de ladite gaine d'expansion.

Dans l'une des réalisations de l'invention, le dispositif d'ancrage est caractérisé en ce que ledit organe de poussée comporte une coquille expansive dont une première portion d'extrémité est annulaire et creuse et engage en coulissement ladite portion principale cylindrique dudit manchon, de manière à ce que ladite gaine d'expansion puisse être coincée entre ladite portion d'extrémité annulaire de ladite coquille expansive et ladite butée arrière dudit

manchon, ladite coquille expansive comportant de plus un nombre de feuilles ayant une surface extérieure dentelée, ledit organe de poussée incluant au surplus un coin d'insertion monté mobile par vissage sur ladite tige filetée et susceptible de se mouvoir en direction de ladite coquille expansive, à la fois pour s'insérer entre lesdites feuilles de ladite coquille expansive et engendrer leur écartement pour permettre leur application contre la surface périphérique délimitant le trou foré dans la paroi de l'excavation, et pour pousser en coulissement ladite première portion d'extrémité de ladite coquille expansive le long de ladite portion principale cylindrique dudit manchon et contre ladite gaine d'expansion et engendrer la compression axiale de cette dernière, et donc son expansion radiale pour permettre son application contre la surface périphérique délimitant le trou foré dans la paroi de l'excavation.

Dans l'une des réalisations de l'invention, le dispositif d'ancrage est caractérisé en ce que ledit organe d'appui est une plaque d'appui.

Dans l'une des réalisations de l'invention, le dispositif d'ancrage est caractérisé en ce que ladite tige est munie d'au moins deux têtes d'ancrage pour augmenter le nombre de points d'ancrage le long du trou foré dans la paroi de l'excavation, pour que ledit dispositif d'ancrage puisse résister à de plus importantes charges.

Dans l'une des réalisations de l'invention, le dispositif d'ancrage est caractérisé en ce que ladite gaine d'expansion comporte au moins une lanière allongée fixée sur une surface extérieure de ladite gaine d'expansion.

La présente invention a également trait à un dispositif d'ancrage destiné à stabiliser une paroi d'excavation d'un massif rocheux, et destiné à être au moins partiellement inséré dans un trou foré dans la paroi d'excavation, ledit dispositif comprenant :

- un tube à diamètre ajustable destiné à être inséré dans le trou foré dans la paroi de l'excavation, et dont une surface extérieure est destinée à appliquer une pression radiale vers l'extérieur sur la surface interne du trou;



- un organe d'appui monté sur ledit tube au voisinage d'une extrémité proximale de celui-ci, destiné à s'appuyer contre une surface extérieure de la paroi d'excavation ;
- une tige allongée rigide définissant une extrémité distale insérée dans ledit tube, et une extrémité proximale opposée à ladite extrémité proximale, ladite tige définissant un axe longitudinal s'étendant entre lesdites extrémités distale et proximale ; et
- une tête d'ancrage montée sur ladite tige et insérée dans ledit tube, ladite tête d'ancrage comportant :
  - un organe expansif flexible monté sur ladite tige, fait d'un matériau élastique et apte à s'étirer et s'élargir radialement ; et
  - un organe d'activation monté mobile sur ladite tige, ledit organe d'activation susceptible d'être mis en mouvement relativement à ladite tige rigide et audit organe expansif et pouvant entrer en contact avec celui-ci, ledit organe d'activation étant susceptible d'exercer une pression sur ledit organe d'expansion ;

caractérisé en ce que pour mettre en place ledit dispositif d'ancrage, ladite tige ainsi que ladite tête d'ancrage doivent être insérés dans ledit tube, ledit tube ayant préalablement été inséré dans le trou foré dans la paroi de l'excavation, puis ledit organe d'activation et ledit organe expansif doivent être déplacés l'un par rapport à l'autre de manière à entrer en contact mutuel, et de manière à permettre audit organe d'activation d'exercer une pression sur ledit organe expansif pour engendrer l'expansion radiale d'au moins une portion de ce dernier, pour que cette dite portion dudit organe expansif vienne exercer une pression radiale contre une surface interne du tube pour permettre de majorer la pression appliquée par ladite surface externe dudit tube sur la surface interne du trou.

La présente invention a également trait à une tête d'ancrage destinée à être installée sur une tige rigide, et destinée à s'ancrer dans un trou foré dans une paroi d'excavation d'un massif rocheux, ladite tête d'ancrage comprenant :

- un organe expansif flexible destiné à être monté sur la tige, fait d'un matériau élastique et apte à s'étirer et s'élargir radialement ; et
- un organe d'activation destiné à être monté mobile sur la tige, ledit organe d'activation susceptible d'être mis en mouvement relativement audit organe expansif et pouvant entrer en contact avec celui-ci, ledit organe d'activation étant susceptible d'exercer une pression sur ledit organe d'expansion ;

caractérisé en ce que pour ancrer ladite tête d'ancrage dans le massif rocheux au niveau du trou foré dans la paroi de l'excavation, ledit organe d'activation et ledit organe expansif doivent être déplacés l'un par rapport à l'autre de manière à entrer en contact mutuel, et de manière à permettre audit organe d'activation d'exercer une pression sur ledit organe expansif pour engendrer l'expansion radiale d'au moins une portion de ce dernier, pour que cette dite portion dudit organe expansif vienne s'appuyer avec friction contre une surface interne périphérique délimitant le trou foré dans la paroi de l'excavation.

La présente invention a également trait à une méthode de solidarisation d'un amas rocheux instable, cet amas rocheux comprenant une surface extérieure irrégulière délimitant un couloir d'accès, ladite méthode comprenant les étapes suivantes :

- a) utiliser une foreuse pour forer au moins une cavité allongée au travers ladite surface extérieure et dans l'amas rocheux, l'amas rocheux formant une surface intérieure, délimitant cette cavité allongée forée, et une partie annulaire de ladite surface extérieure, débouchant sur ledit couloir d'accès;
- b) prévoir un dispositif d'ancrage comprenant une tige allongée rigide définissant une partie d'extrémité distale logée dans cette cavité allongée, une partie d'extrémité proximale faisant saillie hors de cette cavité allongée, ledit dispositif d'ancrage comprenant au surplus un organe expansif élastique monté sur ladite tige, ledit organe expansif pouvant se trouver dans une première condition non-contrainte, et pouvant engager à serer ladite

surface intérieure d'amas rocheux lorsque contrainte en une seconde condition de compression, ledit dispositif d'ancrage comportant aussi un organe d'activation monté mobile sur ladite tige au voisinage dudit organe expansif, ledit dispositif d'ancrage comportant au surplus, sur ladite partie d'extrémité proximale de ladite tige, un organe d'appui ainsi qu'un dispositif de contrainte en tension;

- c) insérer au moins une partie de ladite tige rigide dans ladite cavité allongée, en commençant par ladite partie d'extrémité distale, de manière à ce que ledit organe expansif élastique et ledit organe d'activation montés sur ladite tige soient eux aussi insérés dans ladite cavité, et de manière à ce que ladite plaque d'appui et ledit dispositif de contrainte en tension dégagent ladite cavité et se situent au voisinage de ladite partie annulaire de ladite surface extérieure de l'amas rocheux;
- d) déplacer ledit organe mobile d'activation le long de ladite tige pour engagement dudit organe expansif élastique de façon à contraindre ledit organe expansif à ladite seconde condition de compression; et
- e) ajuster ledit dispositif de contrainte en tension de manière à ce qu'il engage à serre ledit organe d'appui contre ladite partie annulaire de surface extérieure d'amas rocheux.

La présente invention a également trait à un dispositif d'ancrage d'un amas rocheux instable, cet amas rocheux étant du type comprenant une surface extérieure irrégulière, délimitant un couloir d'accès, et au moins une cavité forée au travers cette surface extérieure et dans l'amas rocheux, ledit dispositif comprenant :

- une tige rigide allongée, destinée à venir s'insérer dans cette cavité forée, ladite tige comprenant une partie distale destinée à être logée dans cette cavité forée, une partie proximale destinée à faire saillie hors de cette cavité forée, et une partie intermédiaire située entre ladite partie distale et ladite partie proximale ;

- un organe expansif élastique, installé sur ladite partie intermédiaire de ladite tige, ledit organe expansif destiné à dégager la surface intérieure d'amas rocheux en une première condition non-contrainte, mais pouvant engager à serre cette surface intérieure d'amas rocheux lorsque contrainte en une seconde condition de compression ;
- un organe mobile d'activation dudit organe expansif, installé sur ladite tige ;
- un organe d'appui , installé sur ladite partie d'extrémité proximale de ladite tige ; et
- un dispositif de contrainte en tension, installé sur ladite partie d'extrémité proximale de ladite tige, pour engager à serre ledit organe d'appui contre ladite partie annulaire de surface extérieure d'amas rocheux.

### BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

Dans les dessins annexés :

La figure 1 montre une vue éclatée en perspective d'un boulon d'ancrage selon une première réalisation de l'invention ;

La figure 2 est une vue agrandie en perspective montrant particulièrement la tête d'ancrage du boulon d'ancrage de la figure 1 ;

Les figures 3a et 3b sont des sections verticales brisées d'un massif rocheux, montrant en coupe transversale le boulon d'ancrage de la figure 1, suggérant la séquence d'installation de ce boulon d'ancrage dans un trou horizontal foré dans ce massif rocheux ;

La figure 4 montre une vue éclatée en perspective d'un boulon d'ancrage selon une seconde réalisation de l'invention ;

La figure 5 est une vue agrandie en perspective montrant particulièrement la tête d'ancrage du boulon d'ancrage de la figure 4;

Les figures 6a et 6b sont des vues semblables à celles des figures 3a et 3b, mais montrant le boulon d'ancrage selon la réalisation de la figure 4 ;

La figure 6c montre une vue semblable aux figures 6a et 6b, mais illustrant le comportement du boulon d'ancrage en cas de décompression du massif rocheux ;

La figure 7 montre une vue éclatée en perspective d'un boulon d'ancrage selon une troisième réalisation de l'invention ;

La figure 8 est une vue agrandie en perspective montrant particulièrement la tête d'ancrage du boulon d'ancrage de la figure 7 ;

La figure 9 est une section verticale brisée d'un massif rocheux, montrant en coupe transversale le boulon d'ancrage de la figure 7 logé dans un trou foré dans ce massif rocheux, et montrant sa tête d'ancrage en position fonctionnelle logée dans ce trou ;

La figure 10 est une vue semblable à la figure 4 mais pour montre un boulon d'ancrage à multiples têtes d'ancrage selon une quatrième réalisation de la présente invention, et montrant les multiples têtes d'ancrage de ce boulon en position fonctionnelle ;

La figure 11 montre une vue en perspective d'un boulon d'ancrage de type « Split Set » ;

La figure 12 montre une vue en coupe transversale d'une cinquième réalisation de la présente invention, combinant un boulon d'ancrage de type « Split Set » et un boulon d'ancrage à gaine élastique semblable à celui de la figure 1, logés dans un trou foré dans un massif rocheux montré en section verticale ; et

Les figures 13 et 14 montrent des vues agrandies en perspective arrière et avant, respectivement, d'une tête d'ancrage à coquille expansive enseignée par l'art antérieur.

### DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES RÉALISATIONS DE L'INVENTION

Les figures 1-12 montrent plusieurs réalisations du dispositif d'ancrage de la présente invention. Même si ces dispositifs d'ancrage peuvent être utilisés sur toutes sortes de parois nécessitant un soutènement, telles qu'un mur en béton ou la paroi d'une falaise, la

présente description ne traitera, pour alléger le texte, que de leur utilisation pour le soutènement d'une paroi rocheuse d'excavation, par exemple dans une mine.

Les figures 1-3b montrent un boulon d'ancrage 10 selon l'une des réalisations de l'invention. Le boulon d'ancrage 10 comprend une tige filetée rigide appelée goujon 12, et définissant une extrémité distale 12a et une extrémité proximale 12b. Le goujon 12 peut avoir par exemple une longueur d'un demi mètre à 3 mètres, dépendamment par exemple de l'application à laquelle le boulon d'ancrage 10 est destiné.

Une tête d'ancrage 14 est montée sur le goujon 12, par exemple au voisinage de son extrémité distale 12a. Cette tête d'ancrage 14 est destinée à être insérée dans un trou foré dans la paroi de l'excavation.

La tête d'ancrage 14 comporte un organe expansif sous la forme d'une gaine d'expansion 18 tubulaire et allongée de forme cylindroïde, montée sur le goujon 12 de manière à ce que la surface périphérique de sa cavité intérieure tubulaire 18c entoure le goujon 12 et engage le goujon 12 assez librement sans être serrée autour de celui-ci.

Cette tête d'ancrage 14 comporte au surplus deux coins d'insertions : un coin d'insertion mobile 16, et un coin d'insertion stationnaire 20, tous deux montés sur le goujon 12 de part et d'autre de la gaine d'expansion 18. Les coins d'insertion 16 et 20 peuvent avoir ou ne pas avoir la même longueur. Chacun des deux coins d'insertion 16, 20 définit une portion principale généralement cylindrique 16a, 20a respectivement, une butée arrière 16b, 20b annulaire faisant saillie radialement vers l'extérieur à l'arrière de la portion principale cylindrique 16a, 20a. De plus, ces coins d'insertion 16, 20 comportent chacun une portion tronconique 16c, 20c en forme de pointe faisant saillie axialement vers l'avant de la portion principale cylindrique 16a, 20a. La portion tronconique 16c du coin d'insertion mobile 16 pointe en direction de la lumière distale 18a de la cavité intérieure 18c de la gaine d'expansion 18 ;

similairement, la portion tronconique 20c du coin d'insertion stationnaire 20 pointe en direction de la lumière proximale 18b de la cavité intérieure 18c de la gaine d'expansion 18.

L'extrémité libre de la portion tronconique 16c, 20c des coins d'insertion 16, 20 a un plus petit diamètre que celui de la cavité intérieure 18c cylindrique de la gaine d'expansion. Par contre, la partie tronconique 16c, 20c s'élargit progressivement et mène vers la partie principale cylindrique 16a, 20a des coins d'insertion, dont le diamètre est plus grand que celui de la cavité 18c.

Chacun de ces coins d'insertion 16, 20 est tubulaire, et définit une cavité intérieure 16d, 20d. La cavité intérieure 16d du coin d'insertion mobile 16 est taraudée, et le coin d'insertion mobile 16 est monté par vissage sur le goujon 12 ; les filets de cette cavité taraudée 16d pourront coopérer avec les filets du goujon 12, lorsque celui-ci est pivoté autour de son axe longitudinal, pour permettre le déplacement axial du coin d'insertion mobile 16 par rapport au goujon 12, tel que décrit plus en détail ci-dessous. La cavité intérieure 20d du coin d'insertion stationnaire 20, quant à elle, définit une surface périphérique lisse non taraudée. Cette cavité 20d est pénétrée par le goujon 12, et la butée arrière 20b du coin 20 s'appuie contre une rondelle 22, maintenue axialement stationnaire par deux écrous 24, 24 vissés sur le goujon 12 et serrés fermement l'un contre l'autre. Lorsque le goujon 12 est tourné autour de son axe longitudinal, les deux écrous 24, 24 sont solidaires en rotation avec le goujon 12, et ne se meuvent donc pas axialement le long du goujon 12. Ainsi, lorsque le goujon 12 est tourné autour de son axe longitudinal, la surface arrière du coin d'insertion 20 glisse sur la rondelle 22, et la tête d'ancrage 14 ne peut se déplacer vers l'extrémité proximale du goujon 12 au-delà de l'assemblage axialement stationnaire par rapport au goujon 12 formé par les deux écrous 24, 24 serrés par vissage l'un contre l'autre.

Les coins d'insertions 16, 20 peuvent s'insérer avec force dans la cavité 18c de la gaine d'expansion 18, pour induire l'étirement et donc l'expansion radiale de cette dernière.

Lorsque les différents composants de la tête d'ancrage 14 sont agencés de manière à ce que la gaine d'expansion 18 n'est pas étirée radialement par les coins d'insertions 16, 20, on dira ci-après que la tête d'ancrage 14 est en position de repos (tel qu'illustré sur la figure 3a). Lorsque la gaine 18 est étirée radialement par les coins d'insertion 16, 20, on dira que la gaine d'expansion 18 est en position fonctionnelle (figure 3b).

Le goujon 12, au voisinage de son extrémité proximale 12b, est muni d'une plaque d'appui 26 conventionnelle, percée en son centre et pénétrée par le goujon 12. Cette plaque, lorsque le boulon d'ancrage 10 sera mis en place dans un trou foré dans la paroi d'une excavation, viendra s'appuyer contre la surface extérieure de la paroi de l'excavation P (figure 3a-3b) pour mettre en charge le boulon d'ancrage 10. De plus, une rondelle 28 et deux écrous 30, 31 sont montés sur le goujon 12 entre la plaque d'appui 26 et l'extrémité proximale 12b du goujon. Les deux écrous 30, 31 vissés et serrés l'un contre l'autre formant un assemblage stationnaire par rapport au goujon 12, i.e. sont solidaires en rotation avec le goujon 12, permettront à un outil rotatif de saisir le goujon 12 par sa partie saillante de la paroi de l'excavation et située à l'extérieur du trou foré, et de le faire tourner autour de son axe longitudinal. De plus, ces écrous 30, 31 serviront à serrer la plaque d'appui 26 contre la paroi de l'excavation.

La procédure d'installation du boulon d'ancrage 10 sera maintenant détaillée. Avant d'installer des boulons d'ancrage sur la paroi de l'excavation, celle-ci doit être apprêtée pour pouvoir les recevoir. D'abord, tel qu'expliqué précédemment dans la section « ÉTAT DE LA TECHNIQUE » ci-dessus, la paroi P de l'excavation doit être purgée de tous les blocs de roches instables ayant tendance à vouloir s'en détacher. Par la suite, un long trou T (figures 3a-3b) doit être foré dans la paroi rocheuse de l'excavation P ; ce trou peut être foré à l'aide d'une foreuse à mouvement combiné de percussion/rotation muni d'une tarière par exemple. Ce trou T est préférablement foré perpendiculairement à la surface extérieure S de la paroi de l'excavation, et



doit avoir une profondeur correspondant à la longueur du boulon ; typiquement, le trou T est foré de manière à être plus long que le goujon d'environ 10 centimètres (4 pouces). Le diamètre du trou T doit être tel qu'il est légèrement plus grand que le diamètre de la gaine d'expansion 18 lorsque la tête d'ancrage 14 est en position de repos, i.e. lorsque la gaine d'expansion 18 n'est pas radialement étirée par les coins d'insertion 16, 20.

Une fois ce trou T pratiqué dans la paroi de l'excavation, le boulon d'ancrage 10 peut y être installé. Avant d'insérer, dans le trou T, le goujon 12 muni au voisinage de son extrémité distale 12a de la tête d'ancrage 14, la tête d'ancrage doit être préalablement ajustée. Elle doit être ajustée de manière à se trouver en position de repos, tel qu'illustré à la figure 3a. Dans cette position de repos, la portion tronconique 16c, 20c des coins d'insertion 16, 20 doit être partiellement insérée dans la cavité 18c de la gaine d'expansion 18, de manière à ce que la surface externe de ces portions tronconiques 16c, 20c s'appuie avec friction contre la paroi périphérique de la cavité 18c de la gaine d'expansion 18, sans toutefois que cette dernière ne soit étirée radialement par les coins d'insertion 16, 20. Cet ajustement peut se faire en vissant manuellement le coin d'insertion mobile 16 de manière à ce qu'il se rapproche progressivement de la lumière distale 18a de la cavité 18c de la gaine d'expansion, et ce jusqu'à ce que la gaine d'expansion 18 soit légèrement coincée entre les deux coins d'insertion 16, 20.

Le goujon 12 muni de la tête d'ancrage 14 en position de repos, est ensuite enfoncé dans le trou T. Lorsque la tête d'ancrage 14 en position de repos est insérée dans le trou T, la gaine d'expansion 18 qui est diamétralement plus petite que le trou T, repose par gravité avec friction contre la partie inférieure rugueuse du trou T. Ceci peut être observé sur la vue en coupe de la figure 3a, où la surface inférieure de la gaine 18 repose contre le creux du trou T.

Ensuite, le goujon 12 doit être tourné autour de son axe longitudinal (tel que suggéré par la flèche A sur la figure 3a) dans une direction donnée. Un outil rotatif approprié (non illustré sur les figures) est utilisé pour accomplir cette rotation du goujon, par exemple la

foreuse utilisée préalablement pour le forage du trou T dans le massif rocheux, mais munie cette fois d'une douille à écrou plutôt que d'une tarière. La douille de cet outil rotatif doit engager l'écrou 30, et l'outil doit être actionné pour transmettre à cet écrou un mouvement de rotation. Étant donné que l'écrou 30 est serré contre l'écrou juxtaposé 31, la rotation de l'écrou 30 n'induit pas un mouvement de vissage de celui-ci sur le goujon 12, mais plutôt la rotation du goujon 12 autour de son axe longitudinal, solidairement avec l'écrou 30 entraîné en rotation par l'outil rotatif.

Lorsque le goujon 12 est pivoté autour de son axe longitudinal, la gaine d'expansion 18, quant à elle, ne pivote pas puisqu'elle s'appuie avec friction contre la surface rugueuse délimitant le trou foré dans le roc, et le frottement de la gaine d'expansion 18 contre le roc entourant le trou T permet à lui seul d'éviter que la gaine d'expansion se mette à tourner en même temps que le goujon 2. De plus, le coin d'insertion mobile 16 s'appuie avec friction contre la gaine d'expansion 18, et le frottement seul du coin d'insertion mobile 16 contre la gaine d'expansion 18 permet de retenir le coin d'insertion mobile 16 pour éviter que celui-ci ne soit entraîné en rotation en même temps que le goujon 12. Ainsi, le coin d'insertion mobile 16 reste stationnaire par rapport à la gaine d'expansion 18 et par rapport à la surface rocheuse entourant le trou T lorsque le goujon 12 est pivoté, ce qui permet d'engendrer un pivotement relatif du goujon 12 par rapport au coin d'insertion mobile 16, et par conséquent, d'engendrer le mouvement par vissage du coin d'insertion 16 (dont la cavité intérieure 16d est taraudée) par rapport au goujon 12 (dont la surface extérieure est filetée).

Ainsi, en faisant pivoter dans une direction donnée le goujon 12 lorsque celui-ci est enfoncé dans le trou T et lorsque la tête d'ancrage 14 est ajustée en position de repos, on peut provoquer le vissage du coin d'insertion 16 sur le goujon 12, et ainsi provoquer le déplacement axial du coin d'insertion mobile 16 vers la gaine d'expansion 18, tel que suggéré par les flèches B sur la figure 3a. Bien sûr, la direction dans laquelle le goujon 12 doit être pivoté pour

engendrer le déplacement du coin d'insertion 16 en direction de la gaine d'expansion 18 dépend de l'orientation des filets qui y sont ménagés. Ce déplacement axial permet d'une part de pousser la gaine d'expansion 18 vers le coin d'insertion stationnaire 20 (tel que suggéré par les flèches C sur la figure 3a), de manière à ce que la gaine d'expansion 18 s'engage et s'enfile au moins partiellement autour du coin d'insertion 20. De plus, le déplacement axial du coin d'insertion mobile 16 permet simultanément son insertion progressive dans la lumière 18a de la cavité 18c de la gaine d'expansion 18, jusqu'à ce que sa portion tronconique 16c et/ou sa portion principale cylindrique 16a y soient au moins partiellement insérée.

Étant donné que le diamètre extérieur des portions principales cylindriques 16a, 20a des coins d'insertion 16, 20 est plus grand que le diamètre de la cavité intérieure 18c de la gaine d'expansion 18, une telle insertion des coins d'insertion 16, 20 dans la cavité 18c de la gaine d'expansion 18 induit l'étirement et l'expansion radiale d'au moins une portion de celle-ci, et donc le basculement de la tête d'ancrage en position fonctionnelle, dans laquelle la gaine d'expansion 18 est appliquée fermement contre la surface intérieure du trou T foré dans la paroi de l'excavation, tel qu'illustré à la figure 3b. Une importante force de friction est donc générée entre la gaine d'expansion 18 et la surface rocheuse entourant le trou T sur laquelle elle est comprimée, qui permet un solide ancrage de la tête d'ancrage 14 au roc entourant le trou T.

Le pivotement du goujon 12 doit se poursuivre jusqu'à ce que la résistance au pivotement, qui est fonction de la pression appliquée radialement par la tête d'ancrage 14 contre la surface interne du trou foré dans le roc, atteigne une valeur limite. Lorsque cette valeur limite est atteinte, la tête d'ancrage est considérée comme ancrée dans le massif rocheux.

Une fois que l'ancrage de la tête d'ancrage 14 dans le roc est accompli, la plaque 26 — qui demeurerait espacée de la surface S de la paroi P de l'excavation — doit être appliquée contre la surface S de la paroi P de l'excavation, et doit être maintenue pressée contre celle-ci en vissant successivement l'écrou 31 puis l'écrou 30 vers la plaque d'appui. Une fois que la plaque

d'appui 26 est appuyée et serrée contre la surface de la paroi de l'excavation, le boulon d'ancrage 10 est mis en charge et devient donc opérationnel, et contribue désormais au soutènement de la paroi P de l'excavation.

Le boulon d'ancrage de l'invention, tel que le boulon d'ancrage 10 des figures 1–3b par exemple, présente de nombreux avantages par rapport aux boulons d'ancrage mécaniques traditionnels (typiquement désignés « *rockbolt* » en anglais), tel que celui illustré aux figures 11 et 12. Le boulon d'ancrage 410 des figures 13–14, dont il est question également dans la section « ÉTAT DE LA TECHNIQUE » ci-dessus, comprend un goujon 412 et une coquille expansive 414 montée au voisinage de l'extrémité distale du goujon 412. Cette coquille expansive 414 est constituée de quatre feuilles 418 reliées entre elles à leur extrémité 418a, puis maintenue ensemble par une bague 422. Ces feuilles 418 entourent le goujon 412, et leur surface extérieure est rendue rugueuse par une série de dents 419 à section triangulaire, tel qu'illustré sur les figures 13 et 14. Les quatre feuilles 418 sont retenues à l'extrémité distale du goujon par un organe de retenue 424 en forme de U. Un coin d'insertion mobile 416 en forme de cône est monté par vissage à l'extrémité distale du goujon 412. En faisant pivoter le goujon 412 dans une direction donnée par rapport au coin d'insertion 416, celui-ci se meut par vissage le long du goujon 412 en direction des quatre feuilles 418, et peut s'insérer entre les quatre feuilles 418 pour engendrer leur écartement.

Lorsque le boulon 410 est installé dans un trou foré dans un paroi d'excavation rocheuse pour le soutènement de celle-ci et que le goujon est pivoté par rapport au coin d'expansion, la coquille expansive s'ouvre, c'est-à-dire que les quatre feuilles 418 s'écartent et s'éloignent progressivement du goujon 412, et les dents 419 viennent appliquer une pression et se cramponner sur la surface interne périphérique du trou foré dans la paroi de l'excavation. Une plaque d'appui conventionnelle (non illustrée), installée au voisinage de l'extrémité proximale

(non illustrée) du goujon 412, est ensuite serrée contre la surface extérieure de la paroi de l'excavation, pour mettre en charge le boulon d'ancrage 410.

Un tel boulon d'ancrage à feuilles dentelées comporte de nombreux inconvénients. En effet, les feuilles dentelées 418 n'ont qu'une prise ponctuelle sur la surface rocheuse délimitant le trou de forage, c'est-à-dire que seule la pointe des dents 419 piquant ponctuellement contre la surface périphérique du trou permet à la coquille expansive de s'y accrocher. De plus, en cas de vibrations dans le massif rocheux dans lequel ce boulon est installé, dus par exemple à un sautage adjacent ou à un coup de terrain (phénomène naturel qui consiste en un relâchement soudain et intempestif du roc), où d'importantes forces de cisaillement apparaissent à l'interface entre les feuilles 418 et la surface rocheuse délimitant le trou de forage, ce boulon peut perdre sa charge instantanément, par exemple en cassant et en effritant les portions de roc auxquelles les dents 419 se cramponnent. Cette sensibilité aux vibrations est d'autant plus importante lorsqu'un tel boulon est utilisé sur une paroi d'excavation composée de roche tendre ou fracturée, où de faibles vibrations suffisent pour que les dents des feuilles effritent et désagrègent la surface périphérique du trou, ce qui engendre la perte de charge du boulon. Pour cette raison, ces boulons ne peuvent généralement pas être utilisés sur des parois d'excavation faites de roche tendre ou fracturée.

Le boulon d'ancrage à gaine d'expansion élastique de la présente invention permet de résoudre ces problèmes, tout en demeurant peu dispendieux et facile d'installation. En effet, lorsque son goujon est pivoté pour que la tête d'ancrage bascule en position fonctionnelle, la gaine d'expansion est pressée contre la surface du roc délimitant le trou de forage, et étant donné que la gaine d'expansion est faite d'un matériau déformable élastique, toute la périphérie de la surface extérieure de la gaine d'expansion s'appuie contre la surface interne du trou, se déformant pour épouser parfaitement les irrégularités qui y sont présentes.

Ainsi, l'ancrage de la tête d'ancrage sur la surface interne du trou est accompli par l'application ferme de toute la périphérie de la gaine d'expansion contre cette surface du trou, et permet de s'adapter aux irrégularités qui y apparaissent, maximisant ainsi l'aire de contact, et donc la force de friction, entre la tête d'ancrage et la surface interne du trou. Cette caractéristique est avantageuse par rapport aux boulons d'ancrage mécanique traditionnels, pour lesquels l'ancrage dans le trou se limite au piquage ponctuel d'un nombre limité de dents dans la surface du trou. De plus, la coquille expansive des boulons d'ancrage mécanique traditionnels est incapable de s'adapter aux irrégularités présentes sur la surface du trou, et est susceptible au surplus d'engendrer l'effritement du roc si des forces de cisaillement apparaissent à l'interface entre celle-ci et le roc. Avec le boulon à gaine d'expansion élastique de la présente invention, des faibles vibrations occasionnent la déformation de la gaine élastique plutôt que l'effritement de la surface du trou. Ceci permet au roc, même tendre ou fracturé, de garder son intégrité en cas de vibrations dans le massif rocheux. La capacité de déformation de la gaine élastique permet donc au boulon d'ancrage de garder sa charge même si des forces de cisaillement apparaissent à l'interface entre la gaine d'expansion et la surface interne du trou.

Des réalisations alternatives de la présente invention sont également envisagées, telle que celle illustrée aux figures 4–6c. Dans cette réalisation, on retrouve des structures similaires à celles de la réalisation des figures 1–3b, et leurs numéros de référence correspondent à ceux de la réalisation des figures 1–3b mais majorés de 100 (par exemple, le boulon d'ancrage, portant le numéro 10 sur les figures 1–3b, porte le numéro 110 dans la réalisation des figures 4–6c).

Les figures 4–6c montrent un boulon d'ancrage 110, similaire au boulon 10 des figures 1–3b, mais différant de celui-ci sur quelques aspects. D'abord, le goujon 112, plutôt que d'être fileté sur toute sa longueur, n'est fileté qu'à ses deux portions d'extrémité. Une portion filetée située au voisinage de l'extrémité proximale 112b permet le vissage sur le goujon 112 des

deux écrous 130, 131, et l'autre portion filetée située au voisinage de l'extrémité distale 112a permet le vissage du coin d'insertion mobile 116. De plus, l'assemblage stationnaire formé de deux écrous 24, 24 vissés l'un contre l'autre sur la réalisation des figures 1-3b est remplacé par un tube d'acier 124, pressé contre et solidaire de la portion centrale non filetée du goujon 112. Le tube 124 peut tourner solidairement avec le goujon 112 lorsque celui-ci est pivoté autour de son axe longitudinal. Par ailleurs, la gaine d'expansion 118 est pourvue de quatre lanières allongées 119 faites d'un matériau élastique mou, réparties régulièrement sur la périphérie de la surface externe de la gaine d'expansion 118. Ces lanières 119 peuvent par exemple être moins longues que la gaine d'expansion 118, et être installées sur la portion d'extrémité de la gaine d'expansion 118 faisant face au coin d'insertion stationnaire 120 ; alternativement ces lanières peuvent avoir la même longueur que la gaine d'expansion. Finalement, le coin d'insertion mobile 116 ne comporte qu'une portion principale cylindrique 116a et une portion tronconique 116c, contrairement au coin d'insertion mobile 16 des figures 1-3b qui comporte au surplus une butée arrière 16b.

La procédure d'installation du boulon d'ancrage 110 est similaire à celle du boulon d'ancrage 10. D'abord, la tête d'ancrage 114 est ajustée en vissant manuellement le coin d'insertion 116 pour coincer légèrement la gaine d'expansion 118 entre les deux coins d'insertion 116 et 120. Ensuite, le goujon 112 sur lequel est monté la tête d'ancrage 114 est inséré dans un trou T préalablement foré dans une paroi P d'excavation, les lanières 119 engageant légèrement la surface interne du trou T, tel qu'illustré sur la figure 6a. Ensuite, le goujon 112 est pivoté autour de son axe longitudinal tel que suggéré par la flèche D sur la figure 6a. Les lanières 119 engageant la surface interne du trou, elles permettent de retenir la gaine d'expansion 118 pour qu'elle demeure stationnaire malgré le mouvement de rotation du goujon 112. L'appui avec friction du coin d'insertion mobile 116 contre la gaine d'expansion 118 permet au coin d'insertion mobile 116 lui aussi de rester stationnaire malgré le mouvement de

rotation du goujon 112. Ainsi, en faisant pivoter le goujon 112, le goujon 112 pivote par rapport au coin d'insertion 116, ce qui permet au coin d'insertion 116 de se mouvoir par vissage vers la gaine d'expansion 118, tel que suggéré par les flèches E sur la figure 6a, et de pénétrer progressivement dans sa cavité 118c, de manière à étirer radialement la gaine d'expansion 118 pour la comprimer contre la surface interne du trou T, tel qu'illustré à la figure 6b.

Le boulon d'ancrage 110 est susceptible de bien performer même en cas de déformation du massif rocheux dans lequel il est installé. Un exemple de déformation est la décompression (ou relâchement) du massif rocheux, consistant en un déplacement relatif de blocs de roche qui le constituent, ce qui engendre l'expansion volumique du massif rocheux. Ainsi, les parois de l'excavation, en cas de relâchement du massif, auront tendance à prendre de l'expansion et à se refermer sur elles-mêmes, tel que suggéré par les flèches H de la figure 6c, et le trou T dans lequel le boulon est installé aura donc tendance à s'allonger. La décompression du massif est susceptible de se produire lors de sautage adjacents.

La figure 6c montre le comportement du boulon d'ancrage 110 suite à une décompression du massif. Lorsque le massif rocheux décompresse, et donc lorsque le trou T s'allonge, la plaque d'appui 126 est entraînée par la surface S de la paroi P qui décompresse et se referme, tel que suggéré par les flèches F de la figure 6c. La plaque d'appui 126 entraîne avec elle le goujon 112, qui sera tiré axialement vers l'extérieur du trou T, tel que suggéré par la flèche G, et par conséquent entraîne aussi le coin d'insertion 116 vissé sur le goujon 112. Ce mouvement vers l'extérieur du trou T du coin d'insertion 116 n'entraîne pas le déplacement de la gaine d'expansion 118, celle-ci restant appliquée contre et cramponnée solidement à la surface interne du trou T. Ainsi, lorsque le massif se relâche et la paroi de l'excavation prend de l'expansion, et qu'une très importante force de tension est transmise par la plaque d'appui 126 au goujon 112, le coin d'insertion peut pénétrer avec force et coulisser dans la cavité 118c de la gaine d'expansion, plutôt que d'engendrer la perte de charge du boulon. Ainsi, le fait que le coin



d'insertion 116, contrairement au coin d'insertion 16 de la réalisation des figures 1–3b, ne dispose pas d'une butée arrière lui permettra de coulisser à l'intérieur et le long de la cavité 118c de la gaine d'expansion, tel qu'illustré sur la figure 6c, le coin d'insertion 116 étirant radialement et comprimant continuellement la gaine d'expansion 118 contre la surface du trou lorsqu'il se trouve dans sa cavité. Le fait que le coin d'insertion 116, privé d'une butée arrière, puisse coulisser le long de la cavité 118c de la gaine d'expansion permet au boulon d'ancrage 110 d'accommoder un allongement du trou T, et donc de garder sa charge en dépit d'un relâchement du massif rocheux.

Ceci est une amélioration substantielle en comparaison aux boulons d'ancrage mécaniques existants. Étant donné que les boulons d'ancrage mécaniques traditionnels ne disposent d'aucun moyen pour accommoder un relâchement du massif, un relâchement du massif cause généralement soit l'effritement de la surface rocheuse entourant le trou au niveau de ses points de contacts avec les feuilles dentelées, soit, si la tête d'ancrage ne « démord » de la surface rocheuse entourant le trou, la génération de trop fortes contraintes dans la plaque d'appui finissant par mener à sa rupture.

Une autre réalisation de l'invention est montrée sur les figures 7–9. Dans ces figures, les structures similaires à celles de la réalisation des figures 1–3b portent les mêmes numéros de référence mais majorés de 200. Par exemple, le boulon d'ancrage, numéroté 10 dans la réalisation des figures 1–3b, est numéroté 210 sur la réalisation des figures 7–9.

Dans cette réalisation, le goujon 212 est fileté sur toute sa longueur, et est pourvu au voisinage de son extrémité distale 212a d'une tête d'ancrage 214. Cette tête d'ancrage 214 comporte un assemblage de deux écrous 224 vissés et serrés l'un contre l'autre, solidaires en rotation du goujon 212. De plus, un manchon 221 creux, dont la cavité intérieure 221c est lisse et non taraudée, est montée sur le goujon 112, et sa surface arrière s'accote contre une rondelle 222, accotée à son tour contre les deux écrous 224 vissés l'un contre l'autre. Le manchon 221 définit

intégralement une partie principale cylindrique 221a, ainsi qu'une butée arrière 221b diamétralement plus grande et de forme annulaire, située à l'une des extrémités de la partie principale cylindrique 221a. Une gaine d'expansion 218, dont la cavité intérieure 218c a un diamètre correspondant au diamètre extérieur de la partie principale cylindrique 221a du manchon 221, est enfilée autour de la partie principale cylindrique 221a du manchon 221 ; la gaine d'expansion 218 est plus courte que la partie principale cylindrique 221a du manchon. De plus, la tête d'ancrage 214 comporte une coquille expansive 217. Cette coquille expansive 217 définit une portion de base annulaire creuse 217a à laquelle sont intégralement attachées quatre feuilles 217b ayant une surface extérieure dentelée. La partie annulaire creuse 217a a un diamètre correspondant à celui de la surface extérieure de la partie cylindrique 221a du manchon, et la partie annulaire creuse 217a engage en coulissement axial et est enfilée autour de la partie cylindrique 221a du manchon. Au surplus, un coin d'insertion 216 de forme tronconique, vissé sur le goujon 212, peut venir s'insérer entre les quatre feuilles 217b. Il est possible d'observer sur la figure 7 que le coin d'insertion 216 définit quatre portions aplaties 216a, devant chacune s'aligner avec une des feuilles 217b.

La procédure d'installation du boulon d'ancrage 210 sera maintenant détaillée. D'abord, la tête d'ancrage 214 doit être ajustée de manière à ce que le coin d'insertion 216 soit inséré entre les quatre feuilles 217b de la coquille expansive sans toutefois que le coin d'insertion 216 n'applique de pression sur les feuilles 217b ni ne les écarte. Une telle configuration de la tête d'ancrage 214 est illustrée à la figure 8. Ensuite, le goujon 212 muni de la tête d'ancrage 214 est enfoncé dans le trou pratiqué dans la paroi de l'excavation. Le goujon 212 est ensuite pivoté dans une direction donnée, et étant donné que les feuilles 217b de la coquille expansive reposent avec friction contre la surface interne du trou et que les feuilles 217b engagent la partie aplatie 216a du coin d'insertion 216, empêchant ainsi ce dernier d'être entraîné en rotation en même temps que le goujon 212, un mouvement relatif du goujon 212 par

rapport au coin d'insertion est généré, ce qui engendre le mouvement par vissage du coin d'insertion 216 vers la coquille expansive. Le déplacement axial du coin d'insertion 216 en direction de la coquille expansive 217 engendre l'écartement radial des feuilles 217b, dont la surface extérieure vient ainsi se presser et se cramponner à la surface du trou T. Simultanément, le déplacement du coin d'insertion 216 en direction de la coquille expansive 217 pousse celle-ci vers la gaine d'expansion 218, et la partie annulaire creuse 217a de la coquille expansive coulisse le long de la partie cylindrique 221a du manchon et vient comprimer axialement la gaine d'expansion 218. La compression axiale progressive de la gaine d'expansion 218 par la coquille expansive 217 induit l'expansion radiale de la gaine d'expansion 218, qui prend progressivement une forme bombée. La gaine d'expansion 218 s'élargissant ainsi en diamètre, elle vient se comprimer contre la surface interne du trou foré dans la paroi P de l'excavation, tel que suggéré à la figure 9.

La gaine d'expansion 218 ainsi comprimée joue deux rôles. D'abord, le fait qu'elle reste appuyée solidement contre la surface rocheuse délimitant le trou, en combinaison avec l'action de cramponnement des feuilles dentelées écartées sur cette surface interne du trou, permet la génération d'une force de friction entre la tête d'ancrage 214 et la surface du trou qui permet à la tête d'ancrage 214 d'être solidement ancrée dans le massif rocheux. De plus, la gaine d'expansion étant faite d'un matériau élastique, et ayant donc tendance à vouloir retrouver sa forme lorsque déformée la gaine d'expansion joue un rôle de ressort sur la coquille expansive 217. En effet, lorsque comprimée axialement, la gaine d'expansion pousse sur la partie annulaire creuse 217a de la coquille expansive, et si des vibrations ou d'importantes forces de cisaillement engendrent un effritement du roc à l'interface entre les feuilles dentelées 217b et la surface du trou par les feuilles dentelés (tel que décrit ci-dessus, l'effritement du roc de la surface interne du trou est un problème courant avec les boulons à coquille expansive), la gaine d'expansion 218 élastique peut décompresser légèrement et pousser la coquille expansive 217 davantage en

direction du coin d'expansion 216, qui lui reste stationnaire, ce qui permet aux feuilles 217b de s'écarter davantage en direction de la surface interne périphérique du trou, et à leur surface extérieure dentelée de reprendre prise sur cette surface interne du trou.

Une autre réalisation de l'invention, illustrée à la figure 10, pourrait être envisagée. Cette réalisation du boulon d'ancrage 510 comprend un goujon 512 sur lequel sont installées de multiples têtes d'ancrage 514. Le boulon d'ancrage 510 de cette réalisation a l'avantage d'avoir plusieurs points d'ancrage dans le roc le long du trou, et peut donc résister à de plus importantes charges.

Une autre réalisation de l'invention, illustrée aux figures 11 et 12, pourrait également être envisagée. Le dispositif d'ancrage 310 de cette réalisation fait usage d'un boulon d'ancrage typiquement appelé « Split Set », consistant en un tube d'acier 311 définissant une extrémité proximale 311a et une extrémité distale 311b, ainsi qu'une fente 311e s'étendant sur toute sa longueur. L'extrémité proximale 311a du tube 311 est retroussée et définit à cet endroit une lèvre 311c, destinée à retenir une bague 311d. La bague 311d est à son tour destinée à retenir une plaque d'appui 326, percée en son centre et pénétrée par le tube 311. On peut aussi remarquer sur la figure 11 que la portion d'extrémité distale du tube 311 est légèrement amincie, en ce que son diamètre est rétréci par rapport à la partie centrale du tube.

Un tube de type « Split Set », tel que le tube 311 illustré à la figure 11, peut être utilisé seul pour le soutènement d'une paroi. Son installation consiste d'abord en le forage d'un trou ayant un diamètre plus petit que la partie centrale du tube. Ensuite, il faut insérer la portion d'extrémité distale rétrécie du tube 311 dans le trou, et marteler le tube 311, par son extrémité proximale 311a, de façon à ce que le tube soit progressivement inséré dans le trou foré. Le tube 311 peut être enfoncé dans le trou en utilisant la fonction de percussion de la foreuse à percussion/rotation utilisée pour forer le trou. Étant donné que la partie centrale du tube 311 a un plus grand diamètre que le trou, son insertion dans le trou provoque un resserrement du tube, la

fente 311e se refermant progressivement, pour que le diamètre du tube puisse s'adapter à celui du trou pour pouvoir y pénétrer. Le tube 311 est enfoncé dans le trou jusqu'à ce que la plaque d'appui 326 vienne s'appuyer fermement contre la surface extérieure de la paroi de l'excavation.

La capacité élastique du tube 311, qui s'est déformé pour rétrécir diamétralement pour pouvoir pénétrer dans le trou, lui permet d'agir comme un ressort et de le faire tendre continuellement vers sa forme initiale non déformée. Ceci permet à la surface extérieure du tube 311 d'exercer une pression radiale vers l'extérieure sur la surface interne du trou, engendrant ainsi une force de friction entre la surface externe du tube et la surface interne du trou, assurant un ancrage solide du tube dans le trou.

Ce tube 311, lorsqu'installé sur une paroi d'excavation, a l'avantage de pouvoir accommoder une décompression du massif rocheux. En effet, en cas de décompression du massif rocheux, où la paroi de l'excavation a tendance à se refermer et le trou foré a tendance à s'allonger, le tube peut être entraîné par la plaque d'appui 326, elle-même entraînée par la paroi qui se referme, et le tube peut glisser par rapport au trou. Cependant, ce boulon ne peut résister à de très grande charges.

La présente invention prévoit l'utilisation d'un boulon d'ancrage de type « Split Set » en combinaison avec l'une des variantes de boulon d'ancrage à gaine d'expansion élastique décrites ci-dessus, pour augmenter la résistance du boulon. En insérant un boulon d'ancrage 310 dans le tube 311 (le boulon d'ancrage 310 est similaire au boulon d'ancrage 10 des figures 1-3b, cependant dépourvu d'une plaque d'appui), après que le tube 311 ait été inséré dans le trou foré dans la paroi de l'excavation, et en faisant pivoter le goujon 312 de manière à faire basculer la tête d'ancrage 314 en position fonctionnelle, la gaine d'expansion élastique 318 se comprime radialement contre la surface interne du tube 311, et vient presser davantage le tube d'acier 311 contre la surface interne du trou. Ceci a pour effet de compléter l'effet ressort du tube fendu et donc de majorer la force de friction entre la surface externe du tube 311 et la surface interne

du roc délimitant le trou foré, et permet donc à l'assemblage du tube 311 / boulon d'ancrage 310 de résister à de plus grandes charges que le tube d'acier 311 de type « Split Set » utilisé seul.

Une autre réalisation (non illustrée) du boulon d'ancrage de la présente invention pourrait comprendre un goujon, à l'extrémité proximale duquel est fixée une plaque d'appui, et comprenant une tête d'ancrage ayant une gaine d'expansion montée sur un manchon (similaire au manchon 221 de la figure 7), le manchon définissant une portion principale cylindrique et une butée arrière. De plus, la tête d'ancrage comprendrait un organe de poussée définissant une première portion creuse taraudée vissée sur le goujon, et une deuxième portion creuse à cavité intérieure non taraudée et engageant en coulissement la partie cylindrique du manchon, de manière à ce que la gaine d'expansion se situe entre cette deuxième partie et la butée arrière du manchon. Cet organe de poussée serait susceptible d'être mis en mouvement par vissage le long du goujon en faisant tourner celui-ci, pour permettre à l'organe de poussée de venir comprimer axialement la gaine d'expansion contre la butée arrière du manchon. En comprimant axialement la gaine d'expansion, elle subirait une expansion radiale et prendrait une forme bombée (comme sur la figure 9), et viendrait s'appliquer fermement contre la surface délimitant le trou, pour permettre l'ancrage de la tête d'ancrage dans le roc.

Dans une autre réalisation de l'invention (non illustrée), le goujon des réalisations décrites précédemment pourrait être remplacé par tout organe de soutien approprié. Par exemple, plutôt que d'être montée sur un long goujon s'étendant sur toute la longueur du trou foré, la tête d'ancrage à gaine d'expansion élastique pourrait comprendre une barre sur laquelle sont montées la gaine d'expansion ainsi que le(s) organe(s) d'activation (coin(s) d'insertion, manchon, etc.), et par rapport à laquelle le ou les organe(s) d'activation pourrai(en)t se déplacer pour exercer une pression sur la gaine d'expansion et faire basculer la tête d'ancrage en position fonctionnelle. L'organe de soutien, dans ce cas-ci, pourrait être un câble métallique solide servant à relier la tête d'ancrage à un organe d'appui pouvant s'appuyer contre la surface extérieure de la paroi

d'excavation, tel d'une plaque d'appui. Le câble pourrait être solidement tendu entre la tête d'ancrage ancré dans le massif et la plaque d'appui pour assurer le soutènement de la paroi d'excavation.

Une personne versée dans le domaine de la présente invention pourrait concevoir d'autres variantes de boulons d'ancrages différents de ceux ci-haut décrits. Toutefois, pour des raisons de clarté, ces variantes n'ont pas toutes été décrites, mais il est entendu qu'elles sont englobées par la portée de protection définie par les revendications suivantes.

### REVENDICATIONS

1. Un dispositif d'ancrage destiné à stabiliser une paroi d'excavation, et destiné à être au moins partiellement inséré dans un trou foré dans la paroi d'excavation, ledit dispositif d'ancrage comprenant :
  - un organe de soutien allongé définissant une extrémité distale destinée à être insérée dans le trou foré, et une extrémité proximale opposée à ladite extrémité distale ;
  - un organe d'appui monté sur ledit organe de soutien au voisinage de ladite extrémité proximale, destiné à s'appuyer contre une surface extérieure de la paroi rocheuse ; et
  - une tête d'ancrage montée sur ledit organe de soutien et destinée à être insérée dans le trou foré dans la paroi de l'excavation, ladite tête d'ancrage comportant :
    - un organe expansif flexible monté sur ledit organe de soutien, fait d'un matériau élastique et apte à s'étirer et s'élargir radialement ; et
    - un organe d'activation monté mobile sur ledit organe de soutien, ledit organe d'activation susceptible d'être mis en mouvement relativement audit organe de soutien et audit organe expansif et pouvant entrer en contact avec celui-ci, ledit organe d'activation étant susceptible d'exercer une pression sur ledit organe d'expansion ;

caractérisé en ce que pour ancrer ladite tête d'ancrage dans la paroi de l'excavation au niveau du trou qui y est foré, ledit organe d'activation et ledit organe expansif doivent être déplacés l'un par rapport à l'autre de manière à entrer en contact mutuel, et de manière à permettre audit organe d'activation d'exercer une pression sur ledit organe expansif pour engendrer l'expansion radiale d'au moins une portion de ce dernier, pour que cette dite portion dudit organe expansif vienne s'appuyer avec friction contre une partie de la surface interne délimitant le trou foré dans la paroi de l'excavation.



2. Un dispositif d'ancrage selon la revendication 1,  
caractérisé en ce que ledit organe expansif est une gaine d'expansion élastique de forme cylindroïde définissant une première extrémité et une deuxième extrémité, et une cavité intérieure pénétrée par ledit organe de soutien.
3. Un dispositif d'ancrage selon la revendication 2,  
caractérisé en ce que ledit organe de soutien est une tige allongée rigide, définissant un axe longitudinal s'étendant entre sesdites extrémités distale et proximale.
4. Un dispositif d'ancrage selon la revendication 3,  
caractérisé en ce que ladite tige allongée rigide est au moins partiellement filetée, et en ce que ledit organe d'activation définit une cavité intérieure longitudinale dont la paroi périphérique est aussi au moins partiellement filetée et engage par vissage ladite tige, et en ce que ladite tige peut être pivotée autour de son dit axe longitudinal pour provoquer le déplacement dudit organe d'activation par vissage axialement le long de ladite tige, pour permettre un déplacement relatif dudit organe d'activation par rapport à ladite gaine d'expansion.
5. Un dispositif d'ancrage selon la revendication 4,  
caractérisé en ce que ladite cavité de ladite gaine d'expansion définit une première lumière au voisinage de ladite première extrémité de ladite gaine d'expansion,  
et caractérisé en ce que ledit organe d'activation comporte un organe d'insertion susceptible de se mouvoir axialement le long de ladite tige lorsque celle-ci est pivotée autour de son axe longitudinal, ledit organe d'insertion étant susceptible de s'insérer au moins partiellement dans ladite cavité intérieure de ladite gaine d'expansion par ladite première lumière, pour appliquer

une pression radiale vers l'extérieur sur une surface périphérique de ladite cavité intérieure de ladite gaine d'expansion au moins au voisinage de sadite première extrémité, pour engendrer l'étirement et l'expansion radiale de ladite gaine d'expansion au moins au voisinage de sadite première extrémité.

6. Un dispositif d'ancrage selon la revendication 5,

caractérisé en ce que ledit organe d'insertion est un coin d'insertion comportant une portion tronconique, ledit coin d'insertion pouvant au moins partiellement pénétrer dans ladite cavité interne de ladite gaine d'expansion par sadite première lumière pour engendrer l'expansion et l'étirement radial de ladite gaine d'expansion au moins au voisinage de sadite première extrémité.

7. Un dispositif d'ancrage selon la revendication 6,

comprenant au surplus un organe de retenue monté stationnaire sur ladite tige, ladite deuxième extrémité de ladite gaine d'expansion pouvant s'appuyer sur ledit organe de retenue stationnaire lorsque ledit coin d'insertion vient s'insérer dans ladite première lumière de la cavité intérieure pour étirer radialement vers l'extérieur ladite gaine d'expansion.

8. Un dispositif d'ancrage selon la revendication 7,

caractérisé en ce que ladite cavité de ladite gaine d'expansion définit une deuxième lumière opposée à ladite première lumière et située au voisinage de ladite deuxième extrémité de ladite gaine d'expansion,

caractérisé de plus en ce que ledit organe de retenue comprend un deuxième coin d'insertion définissant une deuxième portion tronconique, ledit deuxième coin d'insertion pouvant s'insérer dans ladite deuxième lumière de ladite cavité de ladite gaine d'expansion lorsque ledit coin

d'insertion se meut vers ladite gaine d'expansion et pousse celle-ci vers ledit deuxième coin d'insertion.

9. Un dispositif d'ancrage selon la revendication 4, comprenant au surplus un organe de retenue monté stationnaire sur ladite tige, et caractérisé en ce que ledit organe d'activation est un organe de poussée susceptible de se mouvoir le long de ladite tige et de pousser ladite gaine d'expansion contre ledit organe de retenue de manière à comprimer axialement ladite gaine d'expansion et engendrer son expansion radiale.

10. Un dispositif d'ancrage selon la revendication 9, comprenant au surplus un manchon creux pénétré par ladite tige et maintenu axialement stationnaire sur celui-ci, et définissant une portion principale cylindrique et une butée arrière annulaire faisant saillie radialement vers l'extérieur d'une des extrémités de ladite portion principale cylindrique, ladite butée arrière formant ledit organe de retenue, ladite portion principale cylindrique dudit manchon pénétrant ladite cavité intérieure de ladite gaine d'expansion.

11. Un dispositif d'ancrage selon la revendication 10, caractérisé en ce que ledit organe de poussée comporte une coquille expansive dont une première portion d'extrémité est annulaire et creuse et engage en coulissement ladite portion principale cylindrique dudit manchon, de manière à ce que ladite gaine d'expansion puisse être coincée entre ladite portion d'extrémité annulaire de ladite coquille expansive et ladite butée arrière dudit manchon, ladite coquille expansive comportant de plus un nombre de feuilles ayant une surface extérieure dentelée, ledit organe de poussée incluant au surplus un coin d'insertion monté mobile par vissage sur ladite tige filetée et susceptible de se mouvoir en direction de ladite coquille

expansive, à la fois pour s'insérer entre lesdites feuilles de ladite coquille expansive et engendrer leur écartement pour permettre leur application contre la surface périphérique délimitant le trou foré dans la paroi de l'excavation, et pour pousser en coulissement ladite première portion d'extrémité de ladite coquille expansive le long de ladite portion principale cylindrique dudit manchon et contre ladite gaine d'expansion et engendrer la compression axiale de cette dernière, et donc son expansion radiale pour permettre son application contre la surface périphérique délimitant le trou foré dans la paroi de l'excavation.

12. Un dispositif d'ancrage selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit organe d'appui est une plaque d'appui.

13. Un dispositif d'ancrage selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite tige est munie d'au moins deux têtes d'ancrage pour augmenter le nombre de points d'ancrage le long du trou foré dans la paroi de l'excavation, pour que ledit dispositif d'ancrage puisse résister à de plus importantes charges.

14. Un dispositif d'ancrage selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite gaine d'expansion comporte au moins une lanière allongée fixée sur une surface extérieure de ladite gaine d'expansion.

15. Un dispositif d'ancrage destiné à stabiliser une paroi d'excavation d'un massif rocheux, et destiné à être au moins partiellement inséré dans un trou foré dans la paroi d'excavation, ledit dispositif comprenant :

- un tube à diamètre ajustable destiné à être inséré dans le trou foré dans la paroi de l'excavation, et dont une surface extérieure est destinée à appliquer une pression radiale vers l'extérieur sur la surface interne du trou;
- un organe d'appui monté sur ledit tube au voisinage d'une extrémité proximale de celui-ci, destiné à s'appuyer contre une surface extérieure de la paroi d'excavation ;
- une tige allongée rigide définissant une extrémité distale insérée dans ledit tube, et une extrémité proximale opposée à ladite extrémité proximale, ladite tige définissant un axe longitudinal s'étendant entre lesdites extrémités distale et proximale ; et
- une tête d'ancrage montée sur ladite tige et insérée dans ledit tube, ladite tête d'ancrage comportant :
  - un organe expansif flexible monté sur ladite tige, fait d'un matériau élastique et apte à s'étirer et s'élargir radialement ; et
  - un organe d'activation monté mobile sur ladite tige, ledit organe d'activation susceptible d'être mis en mouvement relativement à ladite tige rigide et audit organe expansif et pouvant entrer en contact avec celui-ci, ledit organe d'activation étant susceptible d'exercer une pression sur ledit organe d'expansion ;

caractérisé en ce que pour mettre en place ledit dispositif d'ancrage, ladite tige ainsi que ladite tête d'ancrage doivent être insérés dans ledit tube, ledit tube ayant préalablement été inséré dans le trou foré dans la paroi de l'excavation, puis ledit organe d'activation et ledit organe expansif doivent être déplacés l'un par rapport à l'autre de manière à entrer en contact mutuel, et de manière à permettre audit organe d'activation d'exercer une pression sur ledit organe expansif pour engendrer l'expansion radiale d'au moins une portion de ce dernier, pour que cette dite portion dudit organe expansif vienne exercer une pression radiale contre une surface interne du tube pour permettre de majorer la pression appliquée par ladite surface externe dudit tube sur la surface interne du trou.

16. Une tête d'ancrage destinée à être installée sur une tige rigide, et destinée à s'ancrer dans un trou foré dans une paroi d'excavation d'un massif rocheux, ladite tête d'ancrage comprenant :

- un organe expansif flexible destiné à être monté sur la tige, fait d'un matériau élastique et apte à s'étirer et s'élargir radialement ; et
- un organe d'activation destiné à être monté mobile sur la tige, ledit organe d'activation susceptible d'être mis en mouvement relativement audit organe expansif et pouvant entrer en contact avec celui-ci, ledit organe d'activation étant susceptible d'exercer une pression sur ledit organe d'expansion ;

caractérisé en ce que pour ancrer ladite tête d'ancrage dans le massif rocheux au niveau du trou foré dans la paroi de l'excavation, ledit organe d'activation et ledit organe expansif doivent être déplacés l'un par rapport à l'autre de manière à entrer en contact mutuel, et de manière à permettre audit organe d'activation d'exercer une pression sur ledit organe expansif pour engendrer l'expansion radiale d'au moins une portion de ce dernier, pour que cette dite portion dudit organe expansif vienne s'appuyer avec friction contre une surface interne périphérique délimitant le trou foré dans la paroi de l'excavation.

17. Méthode de solidarisation d'un amas rocheux instable, cet amas rocheux comprenant une surface extérieure irrégulière délimitant un couloir d'accès, ladite méthode comprenant les étapes suivantes :

- a) utiliser une foreuse pour forer au moins une cavité allongée au travers ladite surface extérieure et dans l'amas rocheux, l'amas rocheux formant une surface intérieure, délimitant cette cavité allongée forée, et une partie annulaire de ladite surface extérieure, débouchant sur ledit couloir d'accès;

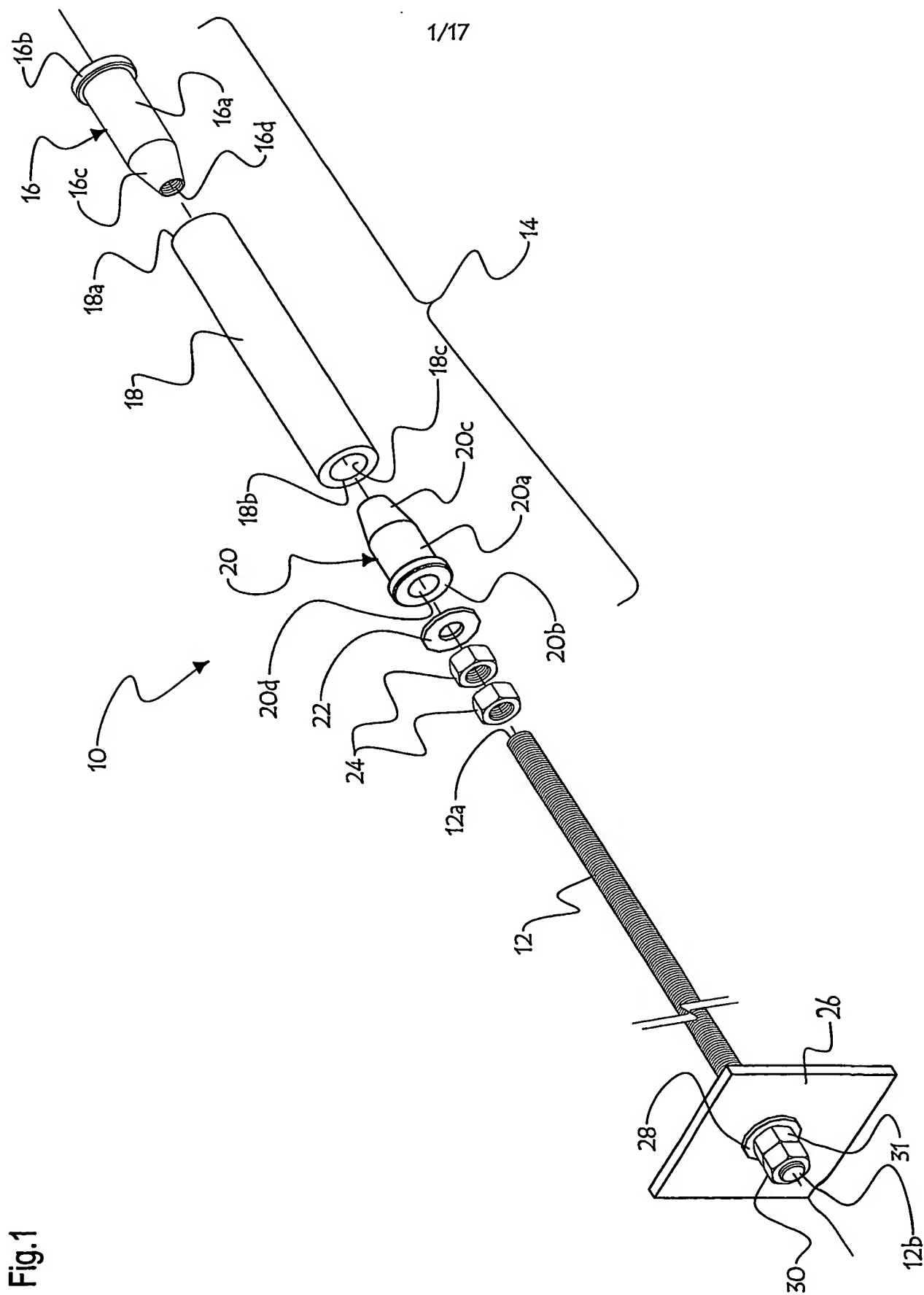
- b) prévoir un dispositif d'ancrage comprenant une tige allongée rigide définissant une partie d'extrémité distale logée dans cette cavité allongée, une partie d'extrémité proximale faisant saillie hors de cette cavité allongée, ledit dispositif d'ancrage comprenant au surplus un organe expansif élastique monté sur ladite tige, ledit organe expansif pouvant se trouver dans une première condition non-contrainte, et pouvant engager à serre ladite surface intérieure d'amas rocheux lorsque contrainte en une seconde condition de compression, ledit dispositif d'ancrage comportant aussi un organe d'activation monté mobile sur ladite tige au voisinage dudit organe expansif, ledit dispositif d'ancrage comportant au surplus, sur ladite partie d'extrémité proximale de ladite tige, un organe d'appui ainsi qu'un dispositif de contrainte en tension;
- c) insérer au moins une partie de ladite tige rigide dans ladite cavité allongée, en commençant par ladite partie d'extrémité distale, de manière à ce que ledit organe expansif élastique et ledit organe d'activation montés sur ladite tige soient eux aussi insérés dans ladite cavité, et de manière à ce que ladite plaque d'appui et ledit dispositif de contrainte en tension dégagent ladite cavité et se situent au voisinage de ladite partie annulaire de ladite surface extérieure de l'amas rocheux;
- d) déplacer ledit organe mobile d'activation le long de ladite tige pour engagement dudit organe expansif élastique de façon à contraindre ledit organe expansif à ladite seconde condition de compression; et
- e) ajuster ledit dispositif de contrainte en tension de manière à ce qu'il engage à serre ledit organe d'appui contre ladite partie annulaire de surface extérieure d'amas rocheux.

18. Dispositif d'ancrage d'un amas rocheux instable, cet amas rocheux étant du type comprenant une surface extérieure irrégulière, délimitant un couloir d'accès, et au moins une cavité forcée au travers cette surface extérieure et dans l'amas rocheux, ledit dispositif comprenant :

- une tige rigide allongée, destinée à venir s'insérer dans cette cavité forée, ladite tige comprenant une partie distale destinée à être logée dans cette cavité forée, une partie proximale destinée à faire saillie hors de cette cavité forée ;
- un organe expansif élastique, installé sur au moins une fraction de ladite partie distale de ladite tige, ledit organe expansif destiné à dégager la surface intérieure d'amas rocheux en une première condition non-contrainte, mais pouvant engager à serre cette surface intérieure d'amas rocheux lorsque contrainte en une seconde condition de compression ;
- un organe mobile d'activation dudit organe expansif, installé sur ladite partie distale de ladite tige ;
- un organe d'appui , installé sur ladite partie d'extrémité proximale de ladite tige ; et
- un dispositif de contrainte en tension, installé sur ladite partie d'extrémité proximale de ladite tige, pour engager à serre ledit organe d'appui contre ladite partie annulaire de surface extérieure d'amas rocheux.

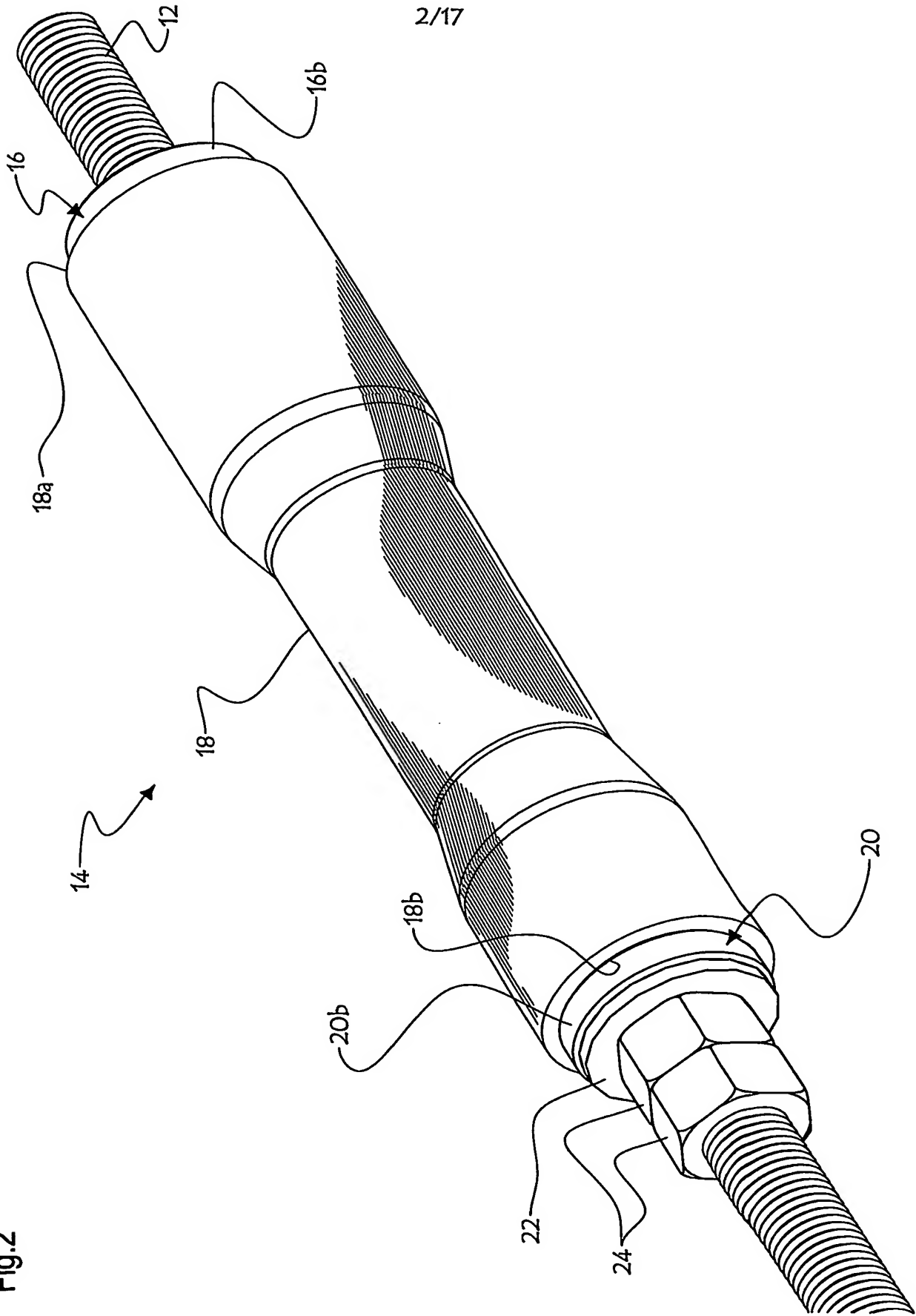


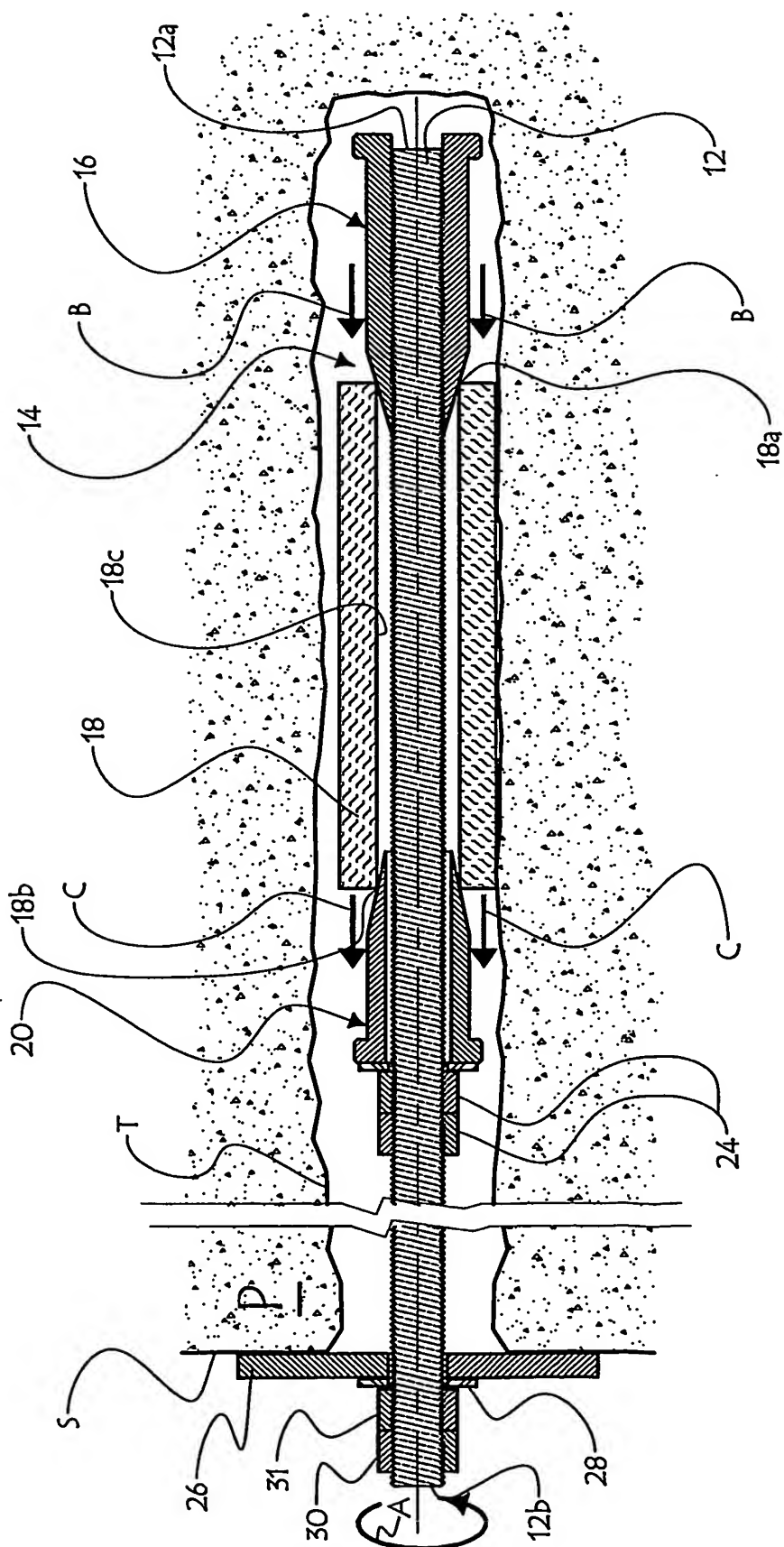
Fig.1



2/17

Fig.2





**Fig. 3a**

4/17

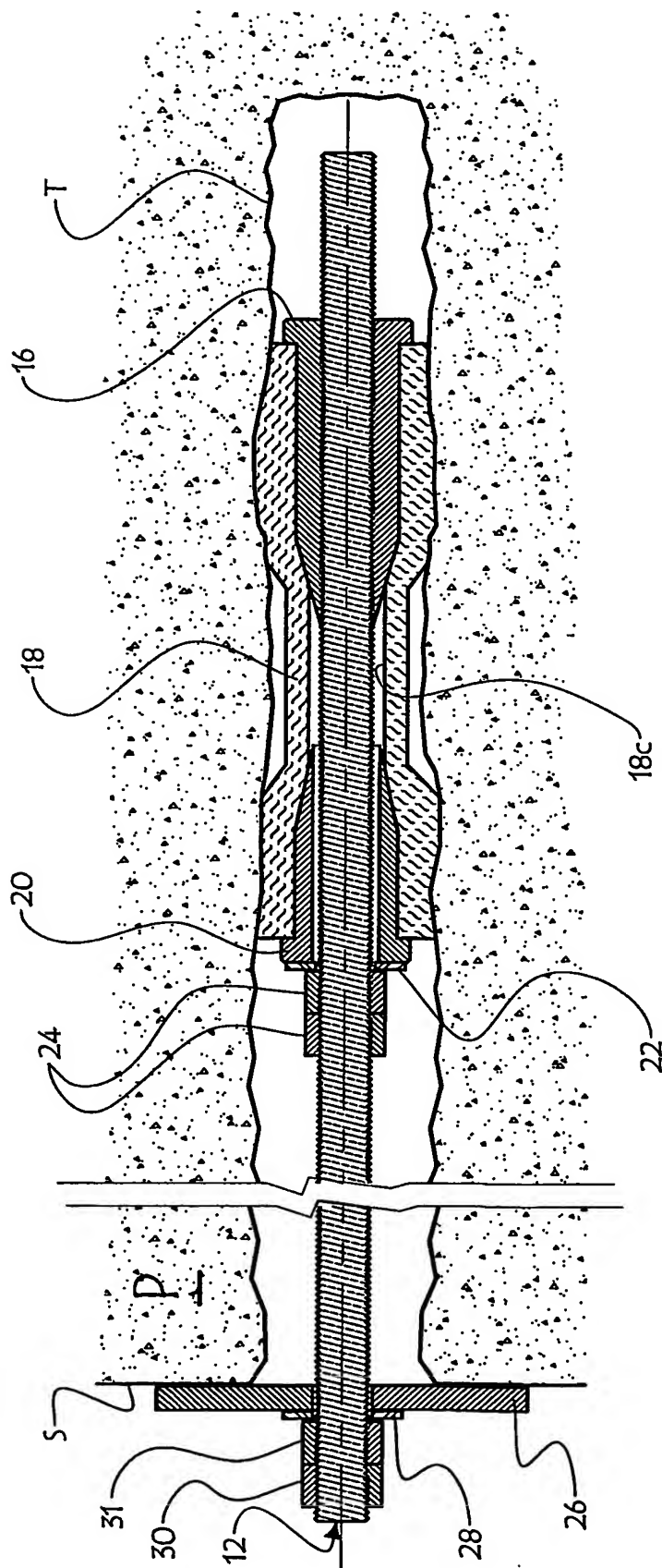
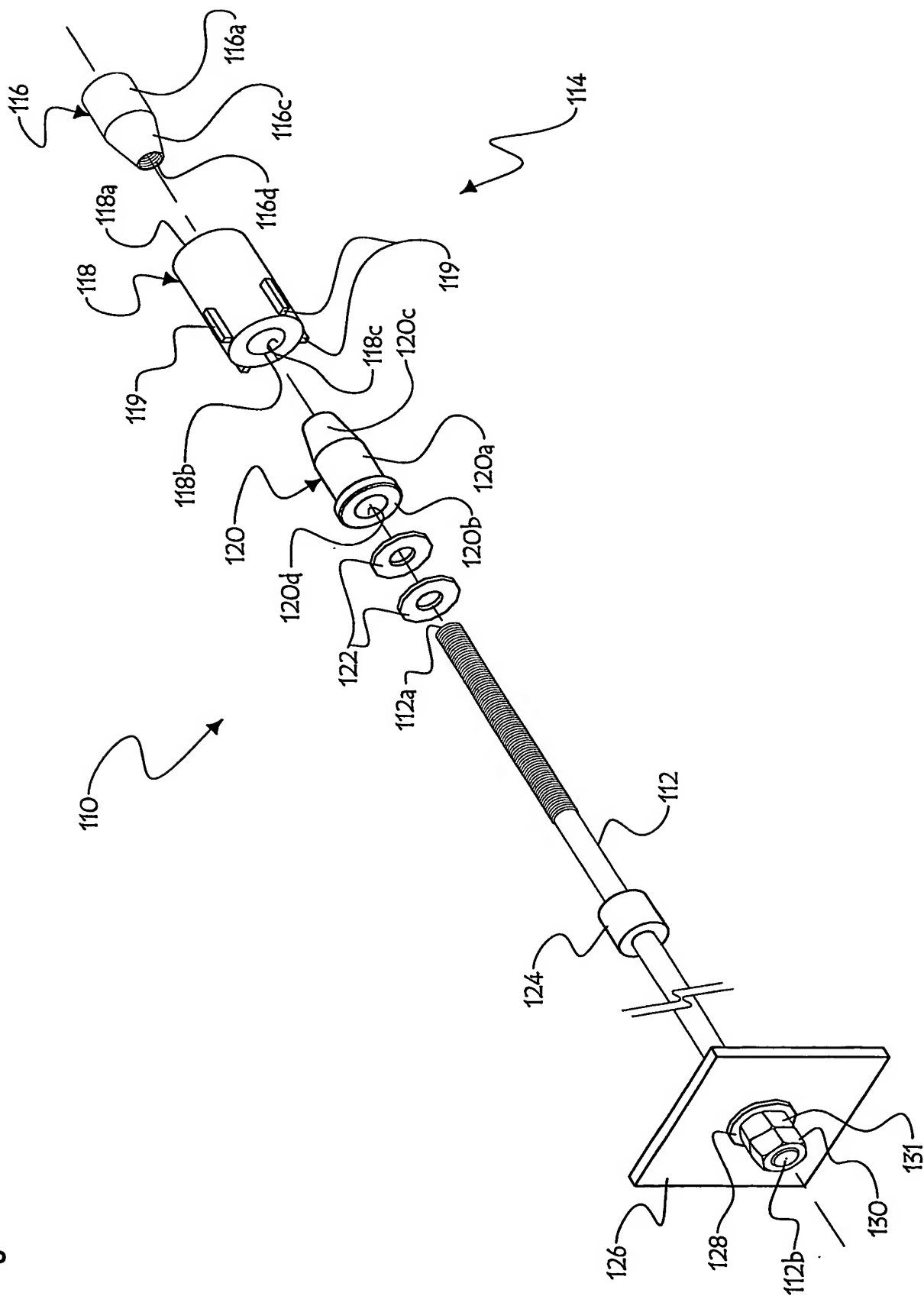


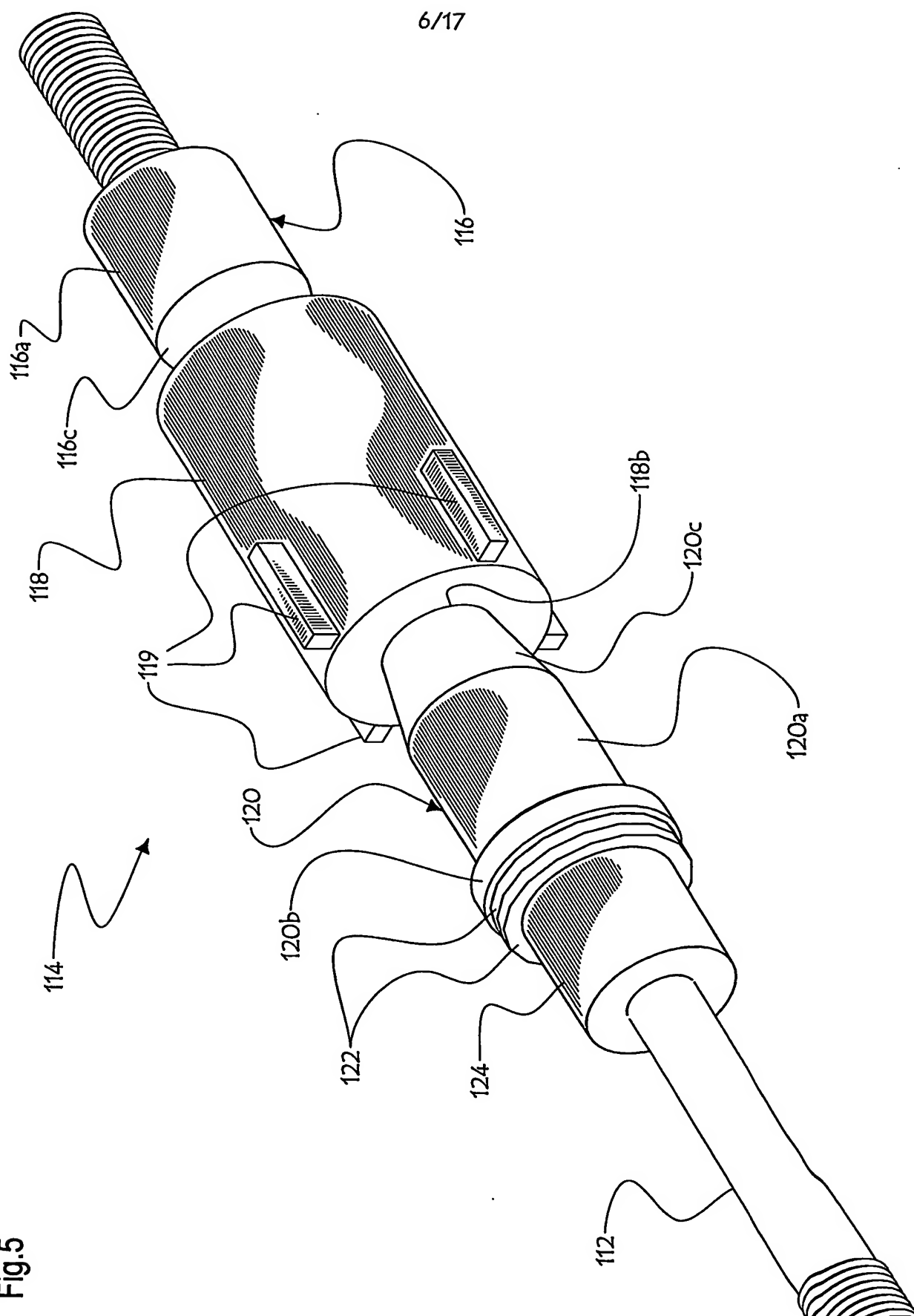
Fig.3b

5/17

Fig.4

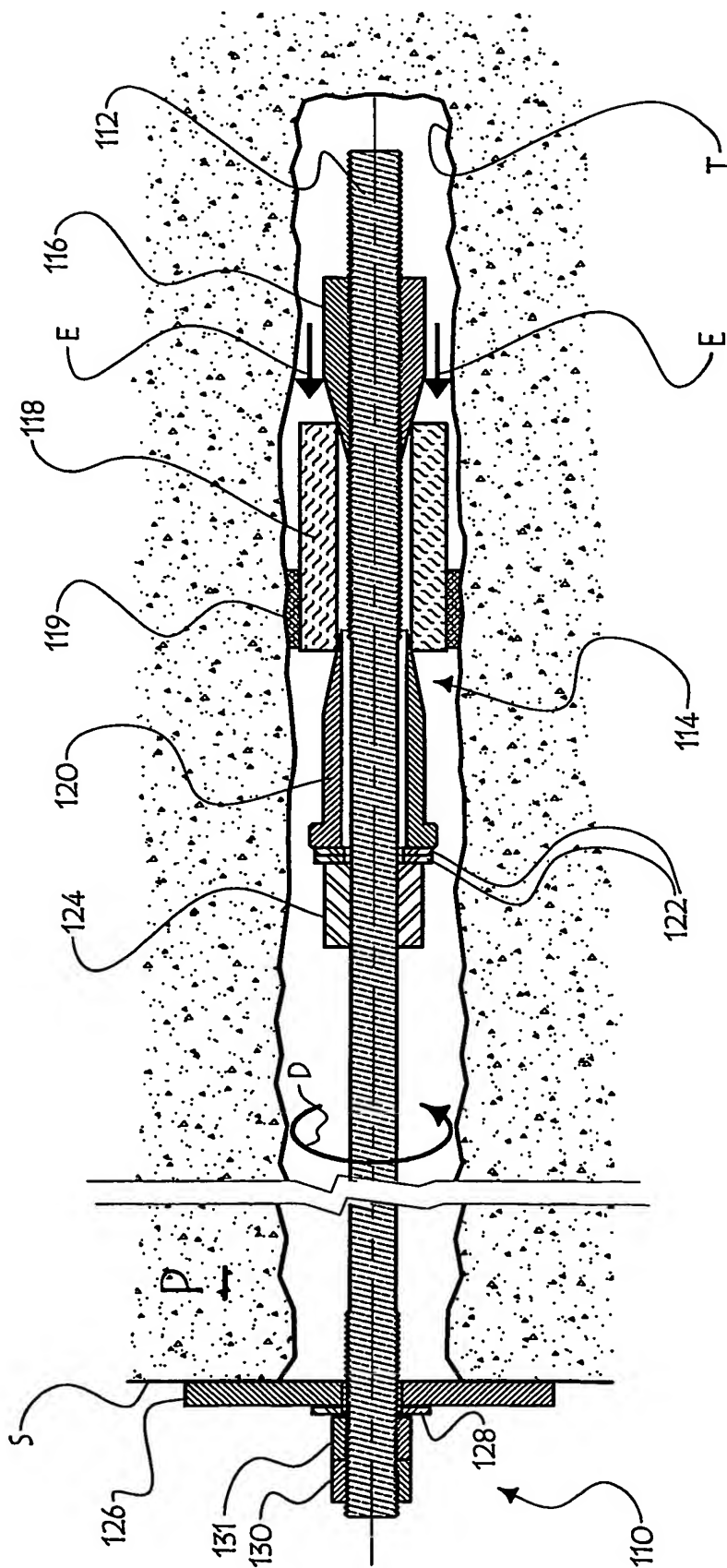


6/17



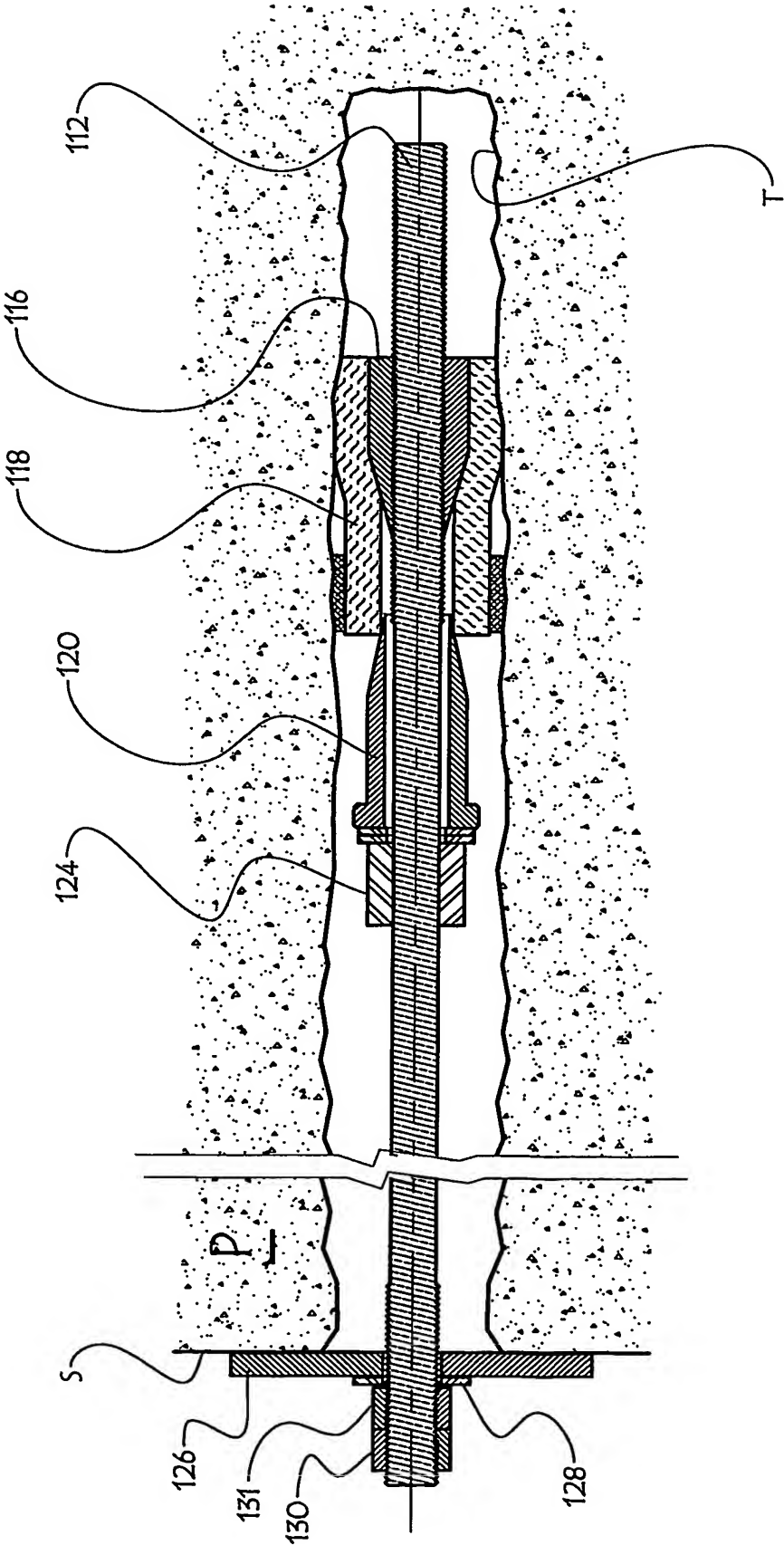
**Fig. 5**

7/17



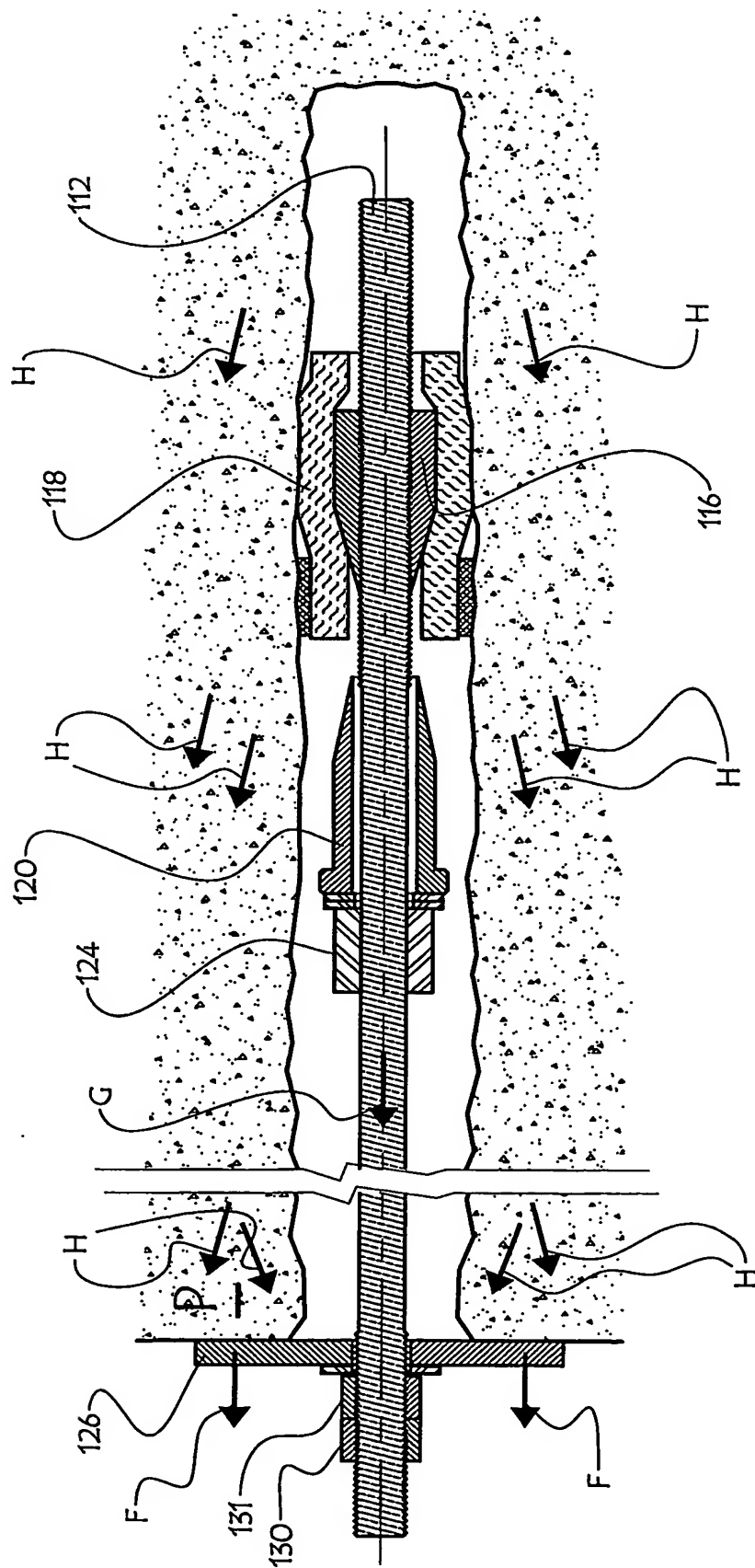
**Fig. 6a**

Fig.6b





9/17



**Fig. 6c**

10/17

Fig.7

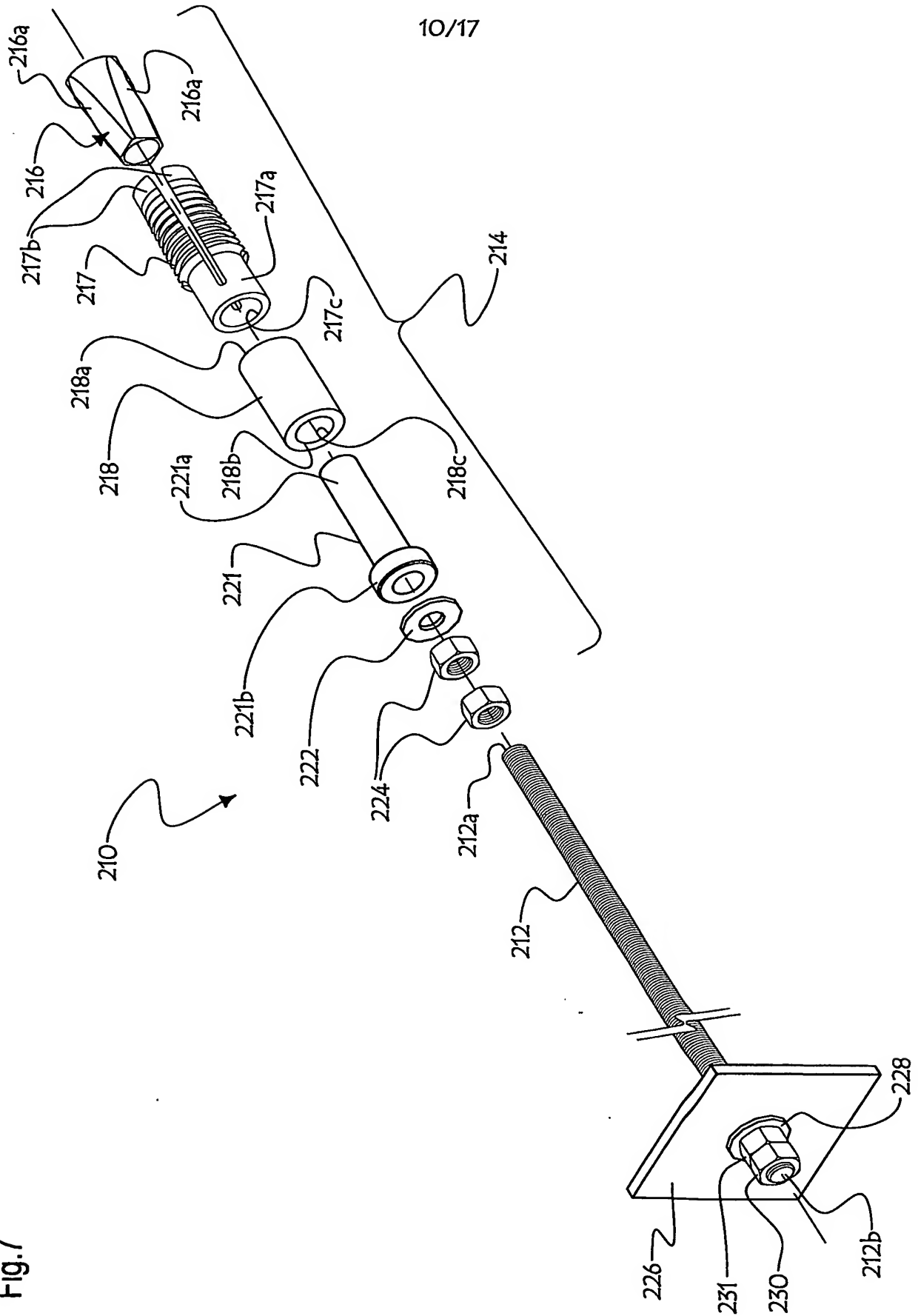
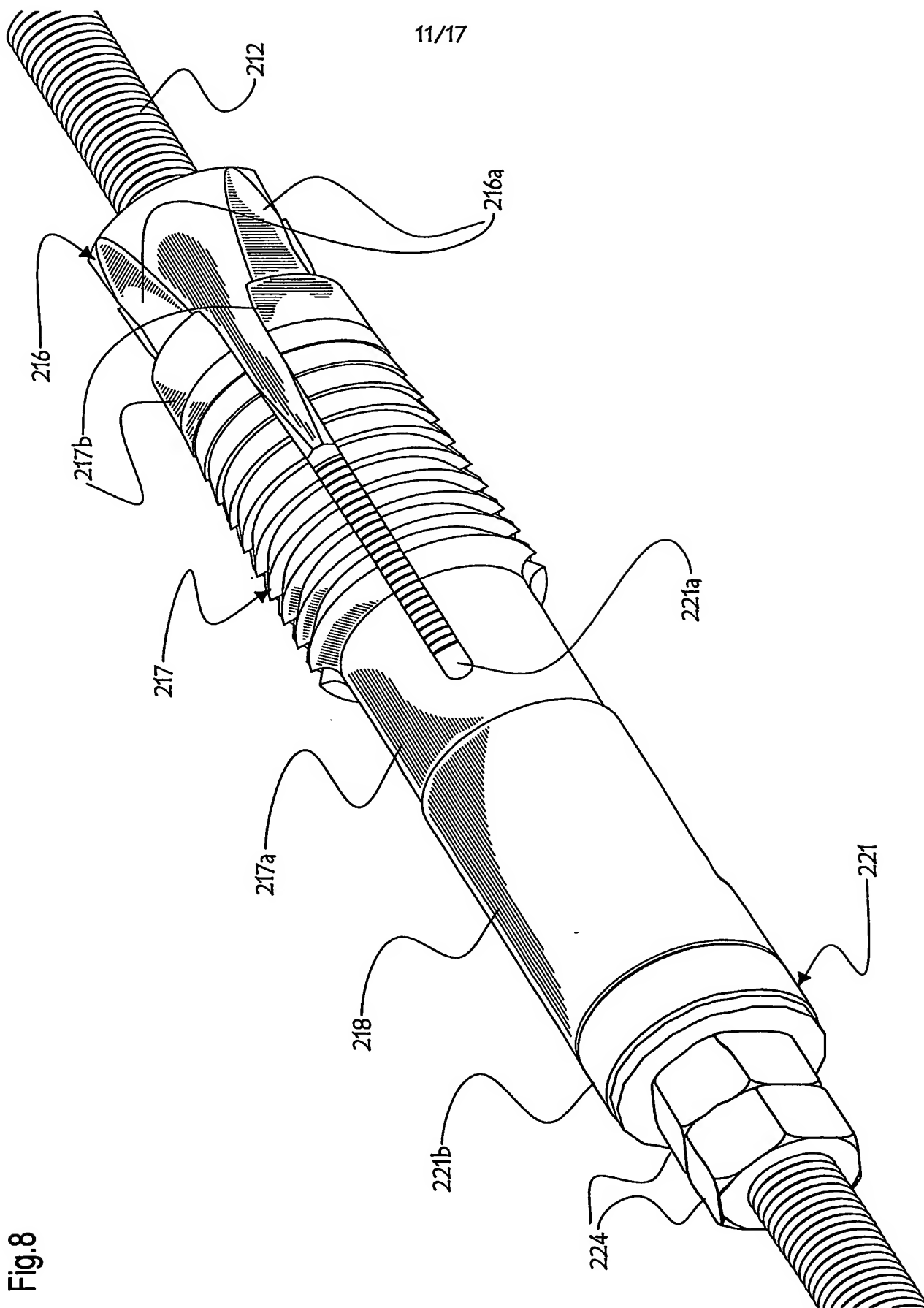


Fig.8



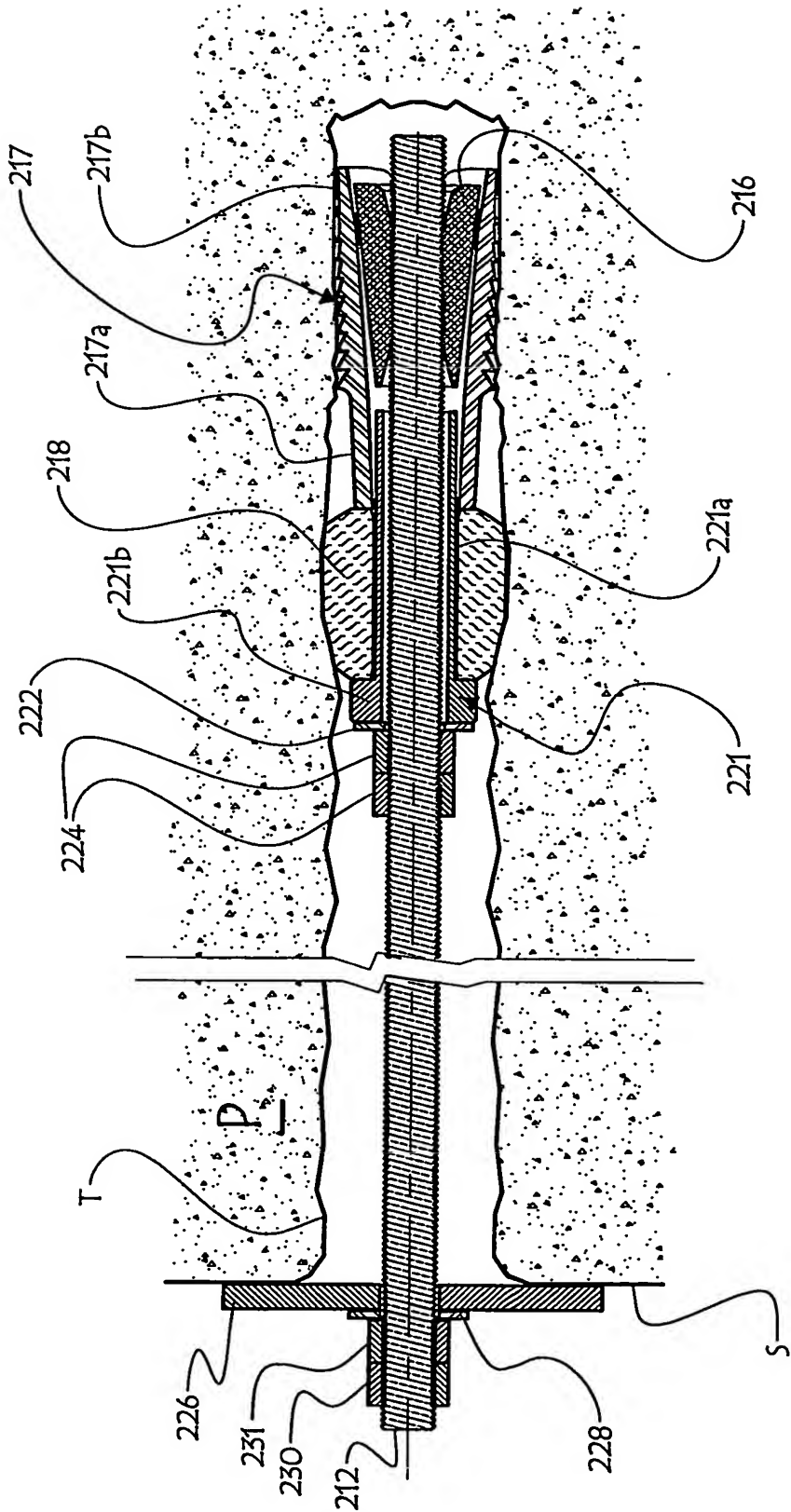


Fig.9

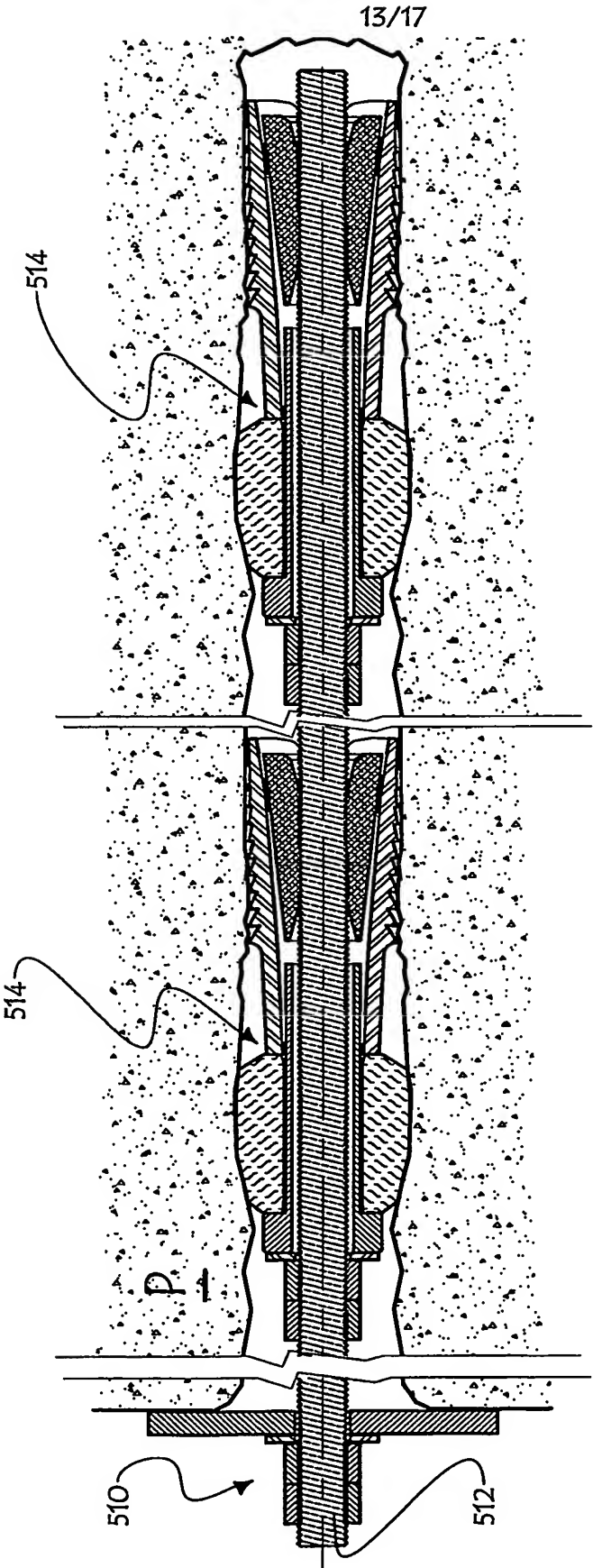


Fig.10

14/17

Fig.11

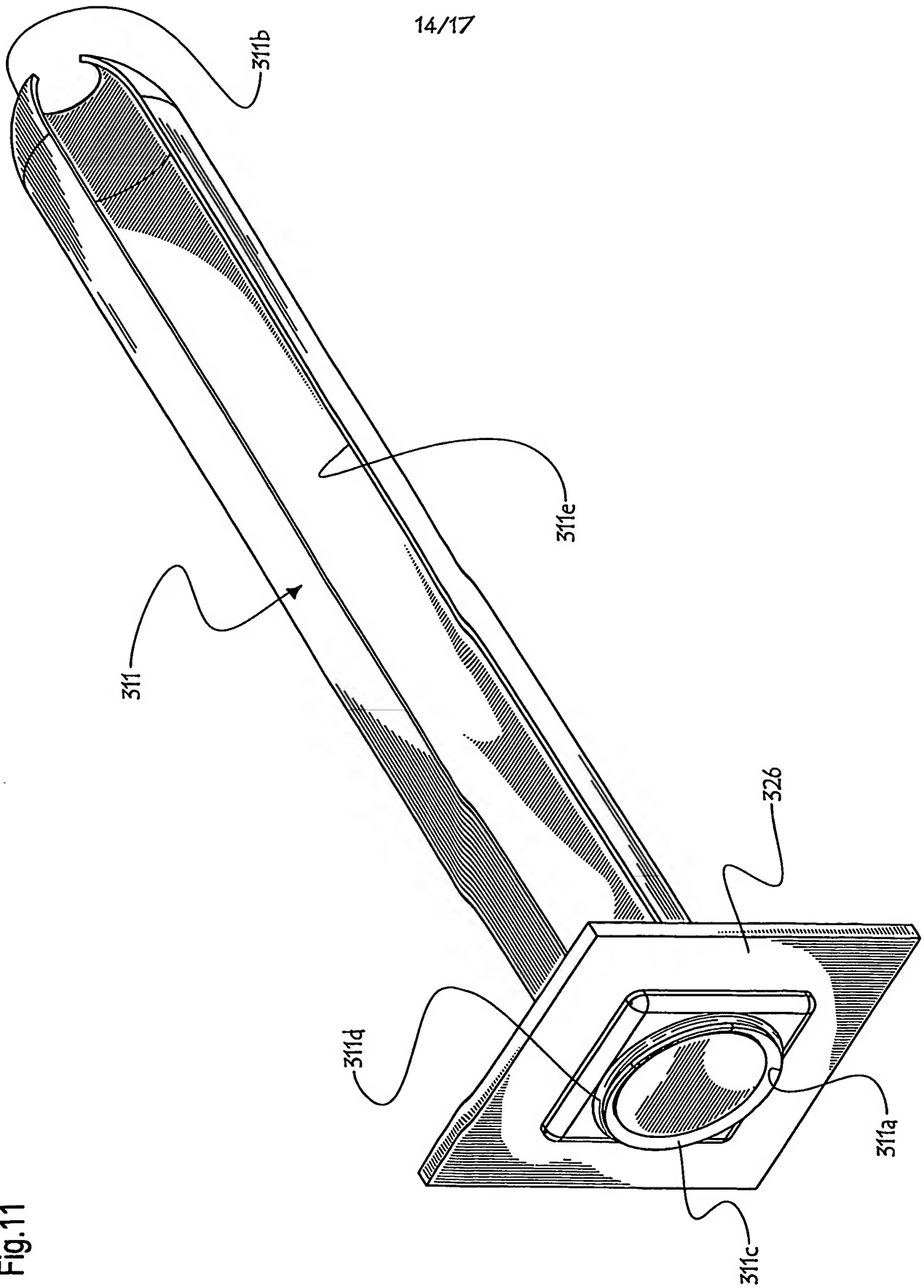
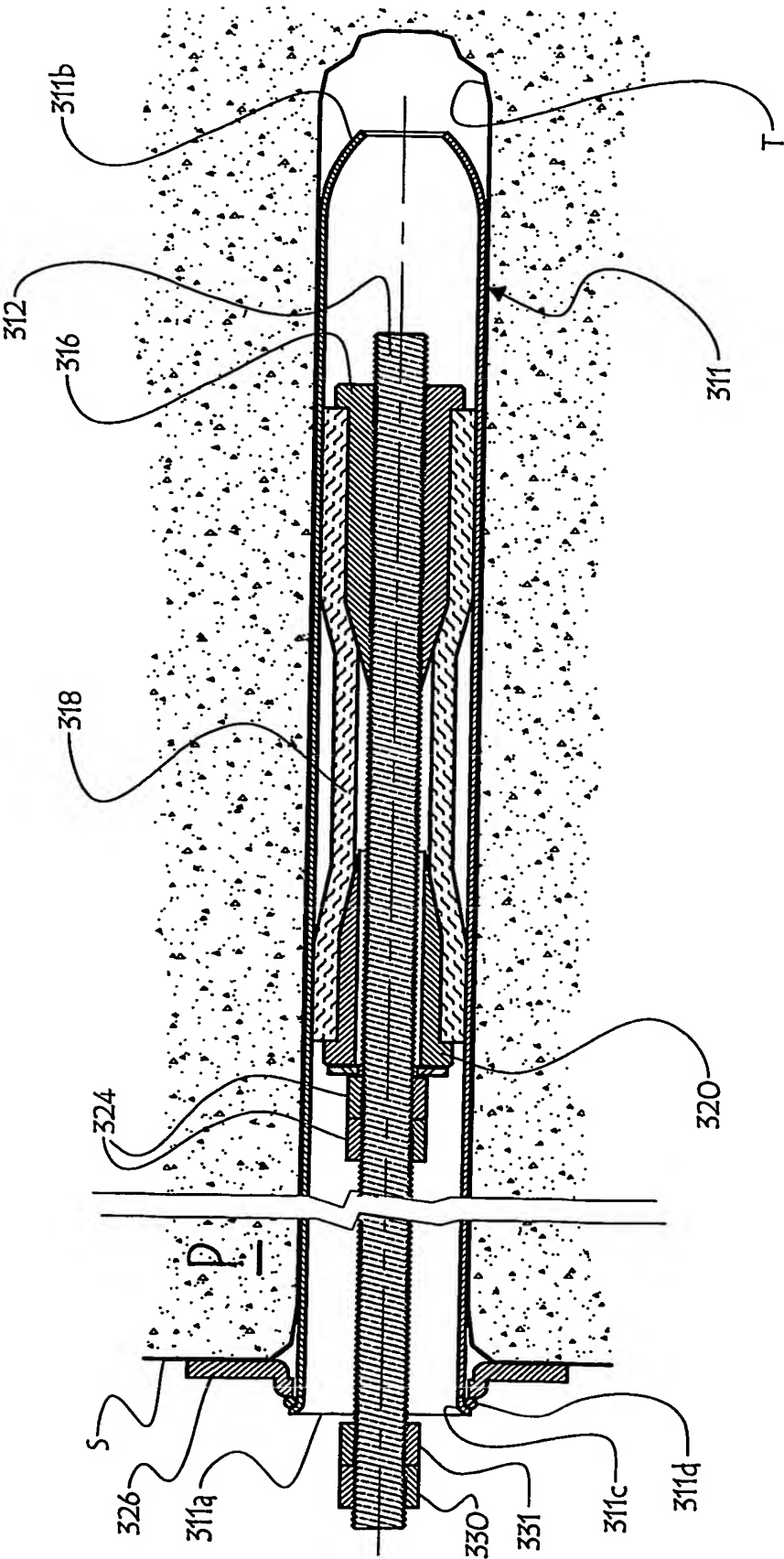
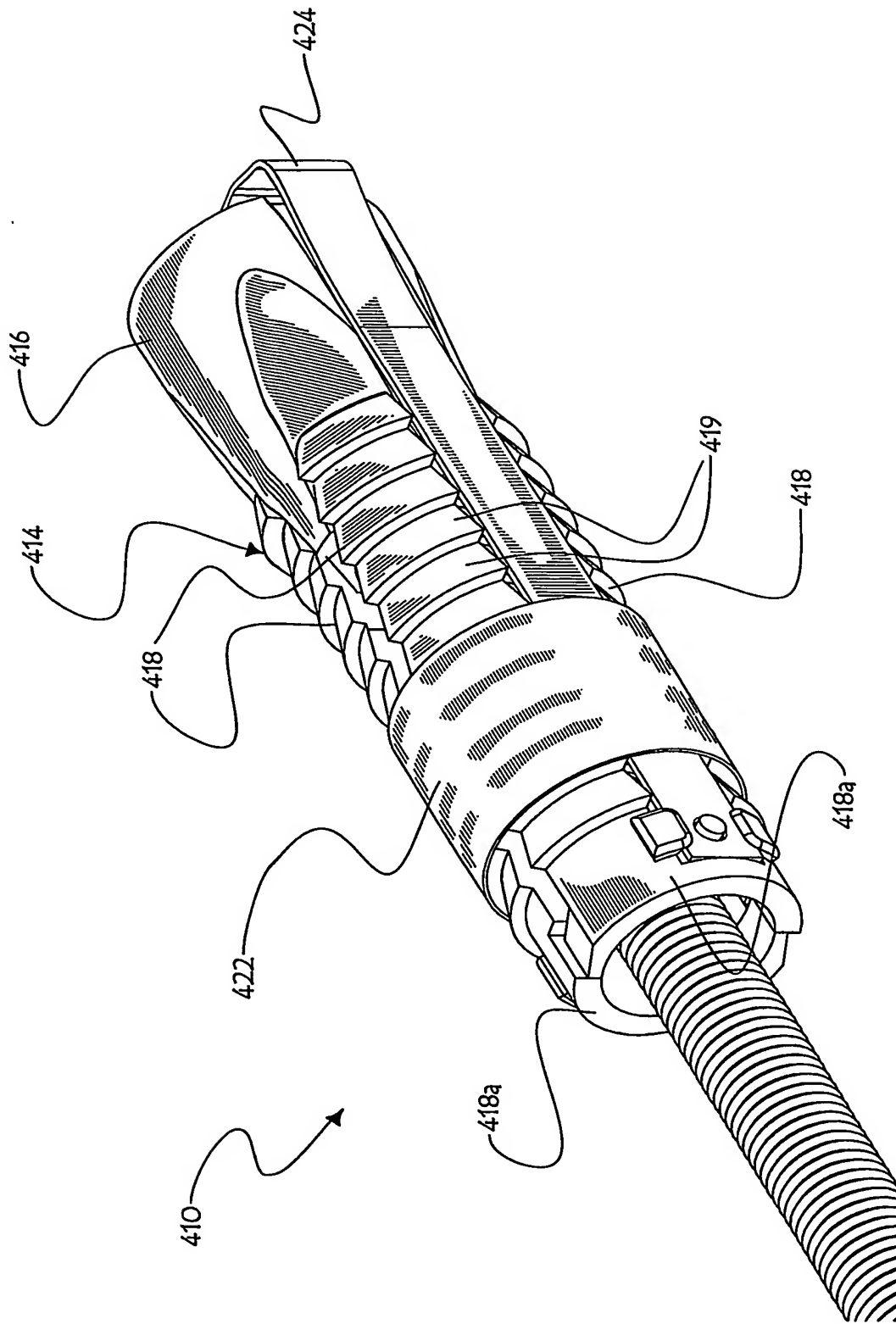


Fig.12



16/17

Fig.13





17/17

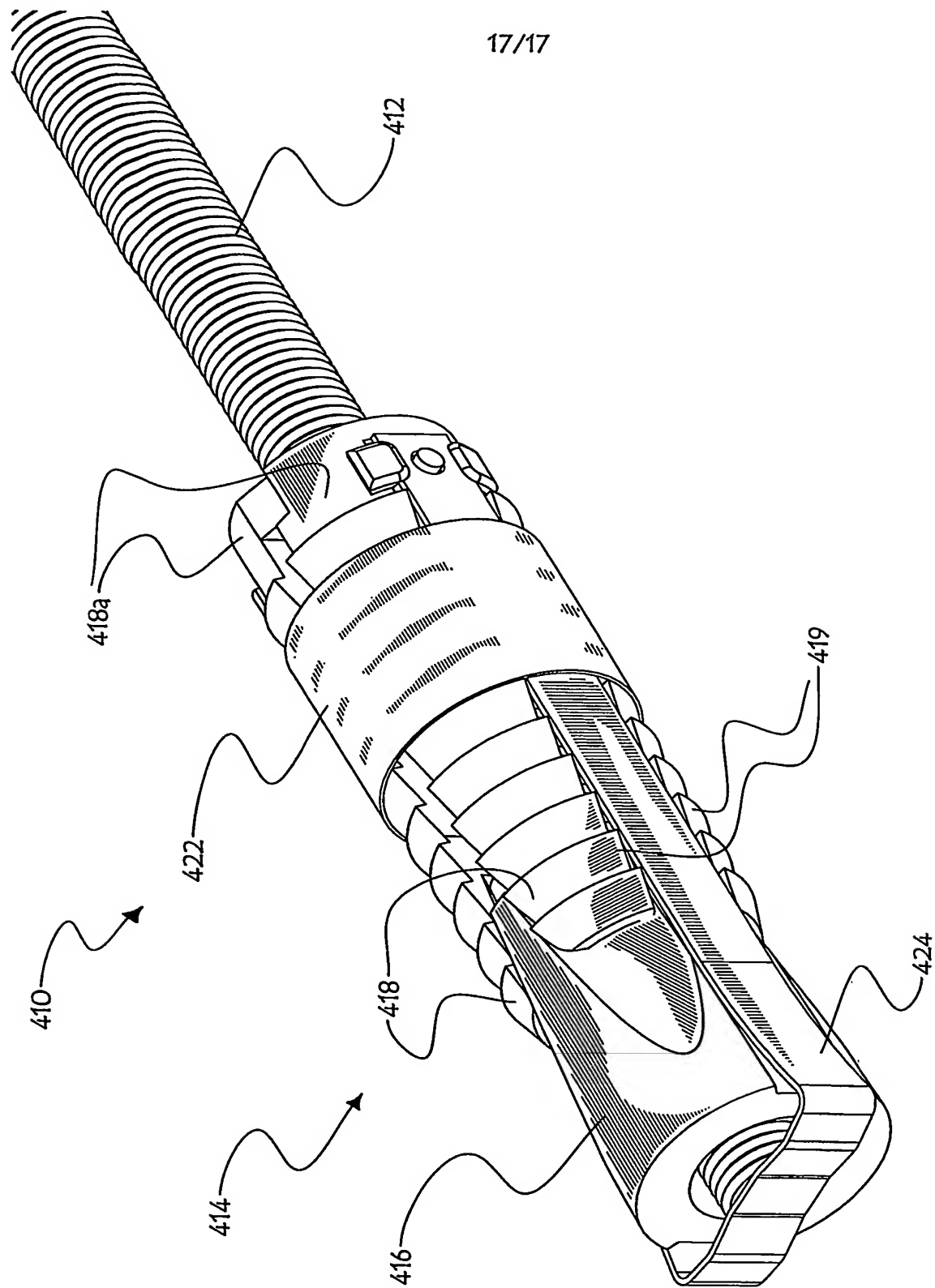


Fig.14

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CA2004/001878

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

E21D-21/00, E21D-20/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC 7

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Base de données de brevets Canadiens

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

CIB E21D-21/00, 20/00; USPC 405, 411

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

Delphion (elastic, expansion, elast\*, expan\*)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No.                   |
|-----------|---|---|
| X<br>Y    | US 6,273,655 (McAlpine et col.) 14 août 2001<br>colonne 1, ligne 66 à colonne 2, ligne 7<br>colonne 5, lignes 19 à 38<br>colonne 6, lignes 11 à 31<br>figures 1 à 5 | 1-4, 9, 10, 12, 13, 16-18<br>11, 14, 15 |
| X<br>Y    | US 3,651,651 (Triplett) 28 mars 1972<br>colonne 1, ligne 71 à colonne 2, ligne 67<br>figures 1, 4 et 5  | 1-4, 9, 12, 13, 16-18<br>14, 15         |
| X<br>Y    | US 4,472,088 (Martin) 18 sept. 1984<br>colonne 2, lignes 32 à 59<br>colonne 3, lignes 10 à 54<br>figures 1 et 2   | 1-4, 9, 12, 13, 16-18<br>14, 15         |
| Y         | CA 2,342,707 (Boozar et col.) 4 octobre 2001<br>page 4, lignes 1 à 4<br>page 5, lignes 1 à 3  | 11                                      |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

07 mars 2005 (07-03-2005)

Name and mailing address of the ISA/

Authorized officer

Commissaire aux brevets  
Bureau Canadien des brevets

Patrick Cyr (819) 953-1304

Facsimile No. Boîte PCT, Ottawa/Gatineau K1A 0C9

Telephone No.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/CA2004/001878

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| Y         | US 4,631,889 (Adam et col.) 30 décembre 1986<br>colonne 1, lignes 54 à 61          | 14                    |
| Y         | CA 2,180,878 (Swemmer) 11 janvier 1998<br>page 2, ligne 15 à page 3, ligne 2       | 15                    |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No

PCT/CA2004/001878

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s)  | Publication<br>date  |
|---|---------------------|---|--|
| US6273655                                 | 14-08-2001          | AT242437T T<br>AU736273 B2<br>AU8991498 A<br>CA2304486 A1<br>DE69815366D D1<br>DE69815366T T2<br>EP1019639 A1<br>ES2201523T T3<br>GB9718733D D0<br>US6273655 B1<br>WO9911940 A1 | 15-06-2003<br>26-07-2001<br>22-03-1999<br>11-03-1999<br>10-07-2003<br>29-04-2004<br>19-07-2000<br>16-03-2004<br>12-11-1997<br>14-08-2001<br>11-03-1999 |
| US3651651                                 | 28-03-1972          | AUCUN   |  |
| US4472088                                 | 18-09-1984          | AUCUN   |  |
| US4631889                                 | 30-12-1986          | GB2132299 A<br>US4631889 A  | 04-07-1984<br>30-12-1986   |
| CA2342707                                 | 04-10-2001          | AU742400 B2<br>CA2342707 A1<br>DE10116447 A1<br>US6599059 B2<br>ZA200102762 A   | 03-01-2002<br>04-10-2001<br>06-12-2001<br>29-07-2003<br>04-11-2002   |
| CA2180878                                 | 11-01-1998          | AUCUN   |  |

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONAL

Demande internationale n°  
PCT/CA2004/001878

| <b>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE</b><br>Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB<br>E21D-21/00, E21D-20/00  |   |  |
|---|---|--|
| <b>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTÉ</b><br>Documentation minimal consultée (système de classification suivi des symboles de classement)<br>CIB E21D-21/00, 20/00; USPC 405, 411<br>Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche.<br>Base de données de brevets Canadiens<br>Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)<br>Delphion (elastic, expansion, elast*, expan*)  |   |  |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS</b>   |   |  |
| Catégorie*  | Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents  | n° des revendications visées   |
| X<br>Y  | US 6,273,655 (McAlpine et col.) 14 août 2001<br>colonne 1, ligne 66 à colonne 2, ligne 7<br>colonne 5, lignes 19 à 38<br>colonne 6, lignes 11 à 31<br>figures 1 à 5 | 1-4, 9, 10, 12, 13, 16-18<br>11, 14, 15  |
| X<br>Y  | US 3,651,651 (Triplett) 28 mars 1972<br>colonne 1, ligne 71 à colonne 2, ligne 67<br>figures 1, 4 et 5  | 1-4, 9, 12, 13, 16-18<br>14, 15  |
| X<br>Y  | US 4,472,088 (Martin) 18 sept. 1984<br>colonne 2, lignes 32 à 59<br>colonne 3, lignes 10 à 54<br>figures 1 et 2   | 1-4, 9, 12, 13, 16-18<br>14, 15  |
| Y   | CA 2,342,707 (Boozer et col.) 4 octobre 2001<br>page 4, lignes 1 à 4<br>page 5, lignes 1 à 3  | 11   |
| <input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents. <input type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe.   |   |  |
| * Catégories spéciales de documents cités :<br>"A" document définissant l'état général de la technique, n'étant pas considéré comme particulièrement pertinent<br>"E" demande ou brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date<br>"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)<br>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens<br>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais après la date de priorité revendiquée<br>"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour permettre de comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention<br>"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément<br>"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personnes du métier<br>"&" document qui fait partie de la même famille de brevets |   |  |
| Date à laquelle la recherche a été effectivement achevée<br>10 janvier 2005   |   | Date d'expédition du rapport de recherche de type international<br>07 mars 2005 (07-03-2005) |
| Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale<br>Commissaire aux brevets<br>Bureau Canadien des brevets<br>Boîte PCT, Ottawa/Gatineau K1A 0C9<br>no de télécopieur : 1-819-953-9538   |   | Fonctionnaire autorisé<br>Patrick Cyr (819) 953-1304   |

**Demande internationale n°  
PCT/CA2004/001878**

**Demande internationale n°  
PCT/CA2004/001878**

Formulaire PCT/ISA/210 (suite de la deuxième feuille) (janvier 2004)

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**  
Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°  
PCT/CA2004/001878

| Document brevet cité<br>au rapport de recherche | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s) | Date de<br>publication |
|---|------------------------|---|------------------------|
| US6273655                                       | 14-08-2001             | AT242437T T                             | 15-06-2003             |
|   |                        | AU736273 B2                             | 26-07-2001             |
|   |                        | AU8991498 A                             | 22-03-1999             |
|   |                        | CA2304486 A1                            | 11-03-1999             |
|   |                        | DE69815366D D1                          | 10-07-2003             |
|   |                        | DE69815366T T2                          | 29-04-2004             |
|   |                        | EP1019639 A1                            | 19-07-2000             |
|   |                        | ES2201523T T3                           | 16-03-2004             |
|   |                        | GB9718733D D0                           | 12-11-1997             |
|   |                        | US6273655 B1                            | 14-08-2001             |
|   |                        | WO9911940 A1                            | 11-03-1999             |
| US3651651                                       | 28-03-1972             | AUCUN                                   |                        |
| US4472088                                       | 18-09-1984             | AUCUN                                   |                        |
| US4631889                                       | 30-12-1986             | GB2132299 A                             | 04-07-1984             |
|   |                        | US4631889 A                             | 30-12-1986             |
| CA2342707                                       | 04-10-2001             | AU742400 B2                             | 03-01-2002             |
|   |                        | CA2342707 A1                            | 04-10-2001             |
|   |                        | DE10116447 A1                           | 06-12-2001             |
|   |                        | US6599059 B2                            | 29-07-2003             |
|   |                        | ZA200102762 A                           | 04-11-2002             |
| CA2180878                                       | 11-01-1998             | AUCUN                                   |                        |